



**Universidade de Aveiro**  
2019

Departamento de Economia, Gestão, Engenharia  
Industrial e Turismo

**Idália Catarina da Silva  
Oliveira**

**MELHORIA DO NÍVEL DE SERVIÇO AO CLIENTE  
INTERNO NUMA EMPRESA DE CORTIÇA**



**Idália Catarina da Silva  
Oliveira**

**MELHORIA DO NÍVEL DE SERVIÇO AO CLIENTE  
INTERNO NUMA EMPRESA DE CORTIÇA**

Relatório de Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica da Doutora Helena Maria Pereira Pinto Dourado e Alvelos, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho aos meus pais.

## **o júri**

presidente

**Prof. Doutor Rui Jorge Ferreira Soares Borges Lopes**  
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

**Prof. Doutor José Fernando Gomes Requeijo**  
Professor Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

**Prof.<sup>a</sup> Doutora Helena Maria Pereira Pinto Dourado e Alvelos**  
Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

À Prof.<sup>a</sup> Doutora Helena Alvelos pelo apoio, disponibilidade e acompanhamento durante o projeto.

À Engenheira Alexandra Mouta e à Engenheira Helena Falcão e Cunha por todo o conhecimento partilhado e pela orientação e apoio prestado durante todo o projeto.

Ao Engenheiro Francisco Pires, ao Justino Pereira e a todas as pessoas que contribuíram para o desenvolvimento deste projeto através da sua experiência e conhecimento das várias áreas da organização.

À minha família por todo o apoio prestado ao longo de todo este percurso e por acreditarem sempre em mim e nas minhas decisões.

Ao grupo de estagiários, que se tornaram amigos, com os quais partilhei momentos de entreatajuda e amizade durante este projeto.

## palavras-chave

Logística, sistemas *pull*, *buffer*, nível de serviço.

## resumo

Este projeto foi realizado numa empresa do setor da cortiça com o objetivo de melhorar o nível de serviço prestado ao cliente interno, uma vez que o processo produtivo desta empresa consiste em várias etapas, originado a coexistência das funções fornecedor e cliente em várias áreas. Após análise da capacidade produtiva da etapa de secagem versus a sua produção real nos 9 meses anteriores ao início do projeto, concluiu-se que a capacidade não estava a ser totalmente aproveitada. Assim, e por forma a diminuir o número de paragens por falta de matéria-prima - cortiça - na etapa de aglomeração, procedeu-se à criação de um *buffer*, tendo sido definido quais os tipos de granulado que iriam seguir uma lógica *make-to-stock* e *make-to-order*, e os níveis de *stocks* mínimo e máximo. Desse modo, foi desenvolvido um algoritmo em que através do *stock* em silo e das necessidades de granulados esperadas para cada linha de aglomeração, a quantidade necessária quer para satisfazer as necessidades das linhas de aglomeração quer para abastecer o *buffer* é calculada automaticamente, tornando a análise do supervisor muito mais simplificada e evitando paragens nas linhas de aglomeração por falta de matéria-prima. Além disso, o tempo improdutivo por falta de matéria-prima diminuiu cerca de 50%.

Outra função diária do supervisor residia na alocação do local de descarga do granulado rececionado diariamente, uma vez que a empresa, devido à limitação de espaço, possui um armazém externo, e, portanto, o granulado pode ser descarregado ou na empresa ou nesse armazém. Após a modelação do processo, identificou-se a necessidade de o simplificar e de diminuir o tempo despendido pelo supervisor na realização desta tarefa. Assim, a ferramenta criada incorpora um algoritmo que indica qual o local onde o granulado que é rececionado diariamente deve ser descarregado e demora menos de um minuto a ser executado.

**keywords**

Logistics, pull systems, buffer, level of service.

**abstract**

This project was carried out in a company in the cork sector with the objective of improving the level of service provided to the internal customer, since the productive process of this company consists of several stages, resulting in the coexistence of the functions supplier and customer in several areas.

After analysing the productive capacity of the drying stage versus its actual production in the 9 months prior to the start of the project, it was concluded that the capacity was not being fully utilized. Thus, in order to reduce the number of stops due to lack of raw material - cork - in the agglomeration stage, a buffer was created, defining which types of granules would follow a logical make-to-stock and make-to-order, and minimum and maximum stock levels. Thus, an algorithm was developed in which, through the silo's stock and the expected granulation requirements for each agglomeration line, the quantity required to satisfy the needs of the agglomeration lines or to supply the buffer is automatically calculated, making the analysis of the supervisor much simpler and avoiding stops in the agglomeration lines due to lack of raw material. In addition, unproductive time due to lack of raw material decreased by about 50%.

Another daily function of the supervisor was to allocate the site of discharge of the granules received daily, since the company, due to the space constraint, has an external warehouse, and therefore the granules can be discharged either in the company or in that warehouse. After the process was modelled, it was identified the need to simplify and reduce the time spent by the supervisor in performing this task. Thus, the tool created incorporates an algorithm that indicates where the granulate that is received daily must be discharged and it takes less than one minute to be executed.

# Índice

1.	Introdução .....	1
1.1.	Motivação e Contextualização do trabalho .....	2
1.2.	Objetivos e Metodologia .....	2
1.3.	Estrutura do relatório.....	3
2.	Fundamentos Teóricos .....	5
2.1.	Gestão de processos de negócio .....	5
2.1.1.	Modelação dos processos de negócio .....	6
2.1.2.	Ciclo de vida do BPM .....	7
2.2.	Logística e Cadeia de Abastecimento.....	9
2.3.	<i>Lean Thinking</i> .....	10
2.3.1.	Os princípios <i>lean thinking</i> .....	10
2.3.2.	As dimensões do <i>lean thinking</i> .....	11
2.3.3.	Os oito desperdícios .....	12
2.4.	Sistemas <i>Push vs. Pull</i> .....	13
2.5.	Sistemas de Planeamento e Controlo da Produção .....	14
2.5.1.	<i>Kanban</i> .....	16
2.5.2.	CONWIP .....	17
2.5.3.	A Teoria das Restrições .....	17
2.5.4.	<i>Workload Control</i> .....	19
2.6.	As Ferramentas da Qualidade .....	19
3.	Estudo prático.....	21
3.1.	Enquadramento do projeto .....	21
3.1.1.	A empresa e a sua matéria-prima.....	21
3.1.2.	O processo produtivo .....	22
3.2.	Análise do estado inicial.....	24
3.2.1.	Planeamento e controlo da produção .....	24
3.2.1.1.	Cliente Interno - Aglomeração .....	25
3.2.1.2.	Cliente Externo.....	29
3.2.2.	Motivos de paragem das linhas de aglomeração .....	29
3.2.3.	Análise do consumo de granulado.....	30
3.2.4.	Gestão do granulado rececionado diariamente .....	32
3.3.	Proposta e implementação de soluções .....	34
3.3.1.	Criação de uma ferramenta de apoio à decisão para a área de granulados .....	37
3.3.1.1.	Especificação dos requisitos .....	38
3.3.1.2.	Plano de secagem .....	39
3.3.1.3.	Gestão diária do granulado rececionado .....	46
3.3.2.	Criação de um ficheiro de auxílio ao planeamento e controlo da produção das encomendas de granulado do cliente externo .....	48



3.3.2.1.	Especificação dos requisitos .....	49
3.3.2.2.	Construção da ferramenta .....	50
3.4.	Análise dos resultados .....	52
3.4.1.	Análise estatística do impacto das melhorias no tempo improdutivo .....	52
3.4.2.	Gestão do granulado rececionado diariamente .....	56
3.4.3.	Taxa de Cumprimento .....	57
4.	Conclusões e Perspetivas de Desenvolvimento Futuro .....	59
	Referências .....	61

## Índice de Figuras

Figura 1 - Ciclo de vida do BPM (adaptado de Dumas et al., 2013) .....	7
Figura 2 - As dimensões lean e os desperdícios (adaptado de Wahab et al., 2013) .....	13
Figura 3 - Sistema <i>kanban</i> (adaptado de Gaury et al., 2017) .....	16
Figura 4 - Sistema CONWIP (adaptado de Gaury et al., 2017) .....	17
Figura 5 - Drum-Buffer-Rope (adaptado de Thürer et al., 2017) .....	18
Figura 6 – Mapeamento do processo produtivo .....	23
Figura 7 – Mapeamento do processamento de uma encomenda .....	25
Figura 8 – Mapeamento do planeamento da aglomeração .....	27
Figura 9 – Mapeamento da avaliação da disponibilidade de matéria-prima .....	28
Figura 10 - Análise dos tempos correspondentes aos motivos de paragem .....	30
Figura 11 - Gráfico Consumo diário vs. Capacidade de secagem .....	31
Figura 12 – Modelação da gestão diária de granulado rececionado diariamente .....	33
Figura 13 - Diagrama de Pareto - Linhas de blocos .....	35
Figura 14 - Diagrama de Pareto - Linha de cilindros .....	35
Figura 15 - Diagrama de <i>Use Cases</i> da ferramenta de apoio à decisão .....	39
Figura 16 - Algoritmo desenvolvido para cálculo da quantidade a secar para cada tipo de granulado .....	41
Figura 17 - Página inicial da ferramenta de apoio à decisão .....	43
Figura 18 - Página "1ª Trituração" da ferramenta de apoio à decisão .....	44
Figura 19 - Página "Taxa de Cumprimento" da ferramenta de apoio à decisão .....	45
Figura 20 - Fluxograma de gestão de mercadorias .....	47
Figura 21 - Página referente à gestão do granulado rececionado diariamente .....	48
Figura 22 - Diagrama de <i>Use Cases</i> da ferramenta de sequenciamento .....	50
Figura 23 - Ferramenta de sequenciamento das encomendas de granulado provenientes do cliente externo .....	51
Figura 24 - <i>Boxplot</i> do cenário anterior às implementações com <i>outliers</i> .....	53
Figura 25 - <i>Boxplot</i> do cenário antes sem <i>outliers</i> vs. cenário depois .....	54
Figura 26 – Mapeamento da gestão do granulado rececionado diariamente após melhorias .....	57
Figura 27 - Evolução da Taxa de Cumprimento .....	58

## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Consumo mensal e consumo diário médio de granulado .....	31
Tabela 2 - Alocação do tipo de granulado a cada silo .....	37
Tabela 3 - Atores e <i>Use Cases</i> da ferramenta de apoio à decisão .....	38
Tabela 4 - Atores e <i>Use Cases</i> da ferramenta de sequenciamento .....	49
Tabela 5 - Resultados estatísticos das amostras do cenário anterior vs posterior às melhorias .....	54
Tabela 6 - Teste à normalidade: cenário antes vs. depois .....	55
Tabela 7 – Resultados dos Testes de Levene e <i>t</i> -Student .....	55

## Lista de abreviaturas

**APA** – Armazém de produto acabado

**BPM** – *Business Process Management*

**BPMN** – *Business Process Model and Notation*

**C** – Capacidade de secagem

**CA** – Cadeia de Abastecimento; Mercadoria que chega amanhã

**CH** - Mercadoria que chega hoje

**CONWIP** - *Constant Work In Progress*

**DBR** - *Drum-Buffer-Rope*

**ERP** – *Enterprise Resource Planning*

**GCA** – Gestão da Cadeia de Abastecimento

**IQR** – Intervalo Interquartil

**MTO** – Make-to-order

**MTS** – Make-to-stock

**NA** - Necessidades de amanhã

**NH** - Necessidades de hoje

**OF** – Ordem de Fabrico

**OMG** - *Object Management Group*

**OPP** - *Order Penetration Point*

**OPT** - *Optimized Production Technology*

**P** - Quantidade necessária de granulado para satisfazer o plano das várias linhas de aglomeração no dia k

**PB** - Produção para abastecer o buffer

**PP** - Produção necessária para satisfazer o plano da aglomeração

**SA** - Stock atual; Stock armazém externo

**SAC** – Serviço de Apoio ao Cliente

**SE** - Stock empresa

**SMax** - Stock máximo definido para o tipo de granulado j

**SMin** - Stock mínimo definido para o tipo de granulado j

**TOC** - *Theory of Constraints*

**TPS** - *Toyota Production System*

**VBA** - *Visual Basic for Applications*

**WIP** – *Work In Progress*

**WLC** - *Workload Control*

# 1. Introdução

Independentemente da organização, o objetivo é sempre produzir o produto certo, na hora certa e com o custo certo, a fim de obter rentabilidade e permanecer competitiva (Wahab, Mukhtar, & Sulaiman, 2013). Todavia, o aumento da procura por produtos personalizados gerou um crescimento no número de empresas *make-to-order* (MTO), aumentando, assim, a concorrência e a importância da estratégia dos prazos de entrega (Stevenson, Hendry, & Kingsman, 2005). A escolha entre *make-to-stock* (MTS) ou *make-to-order* (MTO) é uma escolha estratégica, relacionada com o tipo de serviço que as empresas pretendem oferecer aos seus clientes (Amaro, Hendry, & Kingsman, 1999).

Considerando a conjuntura dos mercados atuais, nos quais a mudança é constante e a competitividade crescente, as organizações não devem limitar-se a projetar e a oferecer produtos e serviços melhores, devem, também, melhorar os seus processos produtivos.

Uma das estratégias que as organizações podem adotar é a implementação de práticas *lean*, por forma a melhorar o seu desempenho operacional (Rahman, Sharif, & Esa, 2013). A filosofia *lean manufacturing* considera o *stock* um desperdício. No entanto, existem casos em que a criação de *buffers* é extremamente necessária, de forma a garantir o bom funcionamento de todo o sistema produtivo e a evitar paragens, resultantes do abastecimento ineficiente por falta de material.

O estudo aqui apresentado foi realizado numa empresa do setor da cortiça, que apresenta um processo produtivo complexo, dividido por etapas e originando, em cada etapa, dois tipos de clientes, interno e externo. Independentemente do tipo de cliente, um bom nível de serviço deve ser garantido e melhorado diariamente. Assim sendo, e para que o cliente se mantenha satisfeito, o planeamento e controlo da produção é crucial. O departamento que está associado a estas atividades deve planear em conformidade com a capacidade e matéria-prima disponíveis, mas também deve ter em conta a data pretendida pelo cliente. Porém, para garantir que a encomenda é expedida na data pretendida, não basta planear as encomendas tendo em conta esses fatores, dado que existem outros que afetam o sistema durante o processo produtivo, tais como a qualidade e o custo do produto final.

Atualmente, qualquer empresa direciona os seus esforços para entregar o seu produto/serviço ao cliente no tempo certo e nas condições desejadas, conseguindo assim, satisfazer o seu cliente. No entanto, as empresas também terão de ter uma preocupação com o cliente interno e com o seu nível de serviço, uma vez que caso este falhe, o nível de serviço ao cliente externo será afetado. Assim, torna-se fundamental que haja uma boa gestão da cadeia de abastecimento, ou seja, uma boa relação quer com os clientes quer com os fornecedores.

### 1.1. Motivação e Contextualização do trabalho

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade de Aveiro. O projeto decorreu no departamento de Logística de uma empresa do ramo da cortiça e teve como objetivo principal aumentar o nível de serviço ao cliente interno. Para isso, e tendo em conta as competências e os conhecimentos adquiridos ao longo do percurso académico, pretendeu-se apresentar melhorias no planeamento da produção.

A empresa está dividida em várias unidades industriais, sendo que a função de fornecedor e cliente coexistem em várias áreas, tornando-se fulcral a existência de uma boa comunicação entre elas, de forma a evitar a sua paragem por falta de material.

Este trabalho incidiu sobre a área de granulados de cortiça, onde são executadas a receção, a trituração e a secagem da matéria-prima. Além disso, tem de garantir a entrega de granulado no tempo certo, no sítio certo e na quantidade certa aos seus clientes, tornando-se um grande fornecedor de toda a empresa. No entanto, esta área não fornece apenas internamente, mas também externamente. Por conseguinte, torna-se fulcral medir o desempenho desta unidade industrial, bem como garantir um nível de serviço ao cliente interno elevado, uma vez que caso não seja entregue a quantidade de granulado certa, no tempo certo, as restantes áreas a jusante correm o risco de parar por falta de matéria-prima.

### 1.2. Objetivos e Metodologia

A empresa na qual o projeto aqui apresentado foi realizado propôs como objetivo principal o aumento do nível de serviço ao cliente interno por parte da área de granulados às várias linhas de aglomeração existentes, no total quatro, três de aglomeração de blocos e uma de aglomeração de cilindros.

Para atingir o principal objetivo era necessário:

- eliminar os tempos de paragem por falta de matéria-prima cortiça;
- aumentar a produtividade;
- aumentar o grau de cumprimento do plano;
- melhorar o abastecimento de material entre as unidades industriais;
- melhorar a ferramenta de planeamento e controlo da produção.

A metodologia adotada segue o ciclo do BPM (*Business Process Management*), que se inicia com a identificação do processo. Esta primeira etapa foi definida previamente pela empresa, aquando da

proposta do projeto. Assim, o processo identificado foi o abastecimento de matéria-prima da área de granulados às linhas de aglomeração. De seguida, procedeu-se à familiarização com o processo e à sua análise, a qual foi realizada com recurso à observação direta e a entrevistas informais com os intervenientes no processo. Esta etapa teve como resultado os vários modelos *as is*, que consistem no mapeamento dos vários processos relacionados com o abastecimento de matéria-prima, recorrendo à linguagem BPMN (*Business Process Model and Notation*). Para além disso, foram recolhidos vários dados importantes de forma a perceber melhor as causas do problema, tais como os tempos improdutivos das várias linhas de aglomeração e os consumos diários de granulado. Através desse planeamento, a quantidade de granulado necessária para satisfazer o plano das aglomerações era gerada automaticamente, sendo que o plano de secagem era estabelecido mentalmente pelo supervisor, sem nenhuma regra definida. A etapa seguinte consistiu na identificação dos problemas encontrados e na proposta de melhorias para resolver esses mesmos problemas. Posteriormente, implementaram-se as melhorias propostas, acompanhadas do controlo e da monitorização do processo redesenhado.

### 1.3. Estrutura do relatório

O presente relatório encontra-se dividido em quatro capítulos principais:

- **Capítulo 1** – Este capítulo é dedicado a uma breve introdução do projeto apresentado, bem como os seus objetivos, a metodologia adotada e a estrutura do relatório;
- **Capítulo 2** – Neste capítulo são apresentados os fundamentos teóricos considerados essenciais para a realização deste projeto, que servem de enquadramento teórico para o trabalho aqui apresentado. Inicialmente, é descrita a importância da gestão de processos de negócio e a relevância da modelação de processos na identificação de oportunidades de melhoria. De seguida, são apresentados vários conceitos, tais como a distinção entre logística e cadeia de abastecimento, a filosofia *Lean Thinking* e as vantagens e desvantagens dos sistemas *push* e *pull*, as funções que um sistema de planeamento e controlo da produção possui e, ainda, algumas abordagens que podem ser adotadas no planeamento e controlo da produção;
- **Capítulo 3** – Neste capítulo é exposto o caso prático, iniciado com o enquadramento do projeto, no qual a empresa e o seu processo produtivo são apresentados. De seguida, a situação inicial é descrita, auxiliada pelo mapeamento dos vários processos relevantes para a identificação de problemas. Após a identificação e análise dos problemas encontrados,

apresentam-se as propostas de melhoria e o seu desenvolvimento. Por último, são analisados os resultados obtidos após a implementação das melhorias propostas;

- **Capítulo 4** – Neste capítulo são apresentadas as conclusões do projeto e algumas propostas de desenvolvimento futuro.

## 2. Fundamentos Teóricos

Neste capítulo são abordados os principais conceitos e fundamentos teóricos que serviram de base para o desenvolvimento do projeto aqui apresentado.

Inicialmente, define-se um processo de negócio e a importância que a gestão e a modelação desses processos podem ter numa empresa. De seguida, apresenta-se uma breve distinção entre os conceitos de logística e cadeia de abastecimento. Posteriormente, é apresentada a filosofia *lean thinking*, os seus objetivos, princípios, dimensões e os oito desperdícios que devem ser eliminados ao seguir esta filosofia. No entanto, e uma vez que esta filosofia está associada aos sistemas *pull*, segue-se uma breve abordagem às diferenças entre os sistemas *pull* e *push* e à importância que os sistemas de planeamento e controlo da produção têm numa empresa, bem como as suas funcionalidades. Por último, são identificadas as ferramentas da qualidade utilizadas, quer na identificação, quer na análise dos problemas.

### 2.1. Gestão de processos de negócio

Desde 1990 até aos dias de hoje, os fluxos de trabalho e os processos têm sofrido grandes mudanças. No início, os fluxos de trabalho não tinham qualquer suporte de ferramentas e eram executados por utilizadores únicos que necessitavam de recorrer à sua memória para saberem todas as etapas do processo e a sequência correspondente. Atualmente, o foco reside na simplificação dos fluxos de trabalho e na modelação dos processos de negócio, de forma a que os utilizadores tenham apenas o conhecimento sobre as tarefas que têm que ser necessariamente realizadas (Chinosi & Trombetta, 2012).

Um processo de negócio é um conjunto de uma ou mais atividades executadas que seguem uma ordem predefinida e que criam um objetivo de negócio. Um processo pode estar apenas contido numa organização, como também pode abranger várias organizações (Chinosi & Trombetta, 2012). Devido à competitividade dos mercados, existe a necessidade de implementar processos de negócio, os quais devem estar constantemente em adaptação e melhoria, conforme as exigências do mercado. Existem três tipos de processos de negócio: os processos de gestão, que controlam as operações de produção, os processos de operação que constituem o fluxo da criação de valor e os processos de suporte, que suportam os processos principais (Dumas, Rosa, Mendling, & Reijers, 2013).



Segundo Dumas et al. (2013), a gestão de processos de negócio é a arte e a ciência de supervisionar como é que o trabalho é realizado numa organização, de forma a atingir resultados consistentes e aproveitar as oportunidades de melhoria. Ou seja, engloba a gestão de todo o processo que agrega valor à organização e aos seus clientes, e não se trata de melhorar o modo como as atividades individuais são realizadas (Dumas et al., 2013).

Portanto, o objetivo de uma iniciativa de gestão do processo de negócio (*Business Process Management* - BPM) é garantir que os processos de negócios cobertos pela iniciativa de BPM tragam resultados consistentemente positivos e forneçam o máximo de valor para a organização no atendimento aos seus clientes (Dumas et al., 2013).

A gestão de processos de negócio melhora a agilidade e o desempenho organizacional, sendo considerada uma abordagem sistemática, e não uma tecnologia ou algo relacionado com a arquitetura de sistemas ou criação de diagramas (Chinosi & Trombetta, 2012).

Em Brocke et al. (2010) são definidos 10 princípios para uma boa gestão de processos de negócio, sendo estes os seguintes: (i) consciência do contexto em que a organização se encontra, (ii) continuidade, (iii) criação de condições para cumprir os seus objetivos, (iv) holismo, (v) institucionalização, (vi) envolvimento, (vii) compreensão conjunta, (viii) propósito, (ix) simplicidade e (x) tecnologias apropriadas. Estes princípios podem ser utilizados pelos gestores como uma lista de verificação, de forma a assegurarem a adequação da sua própria abordagem.

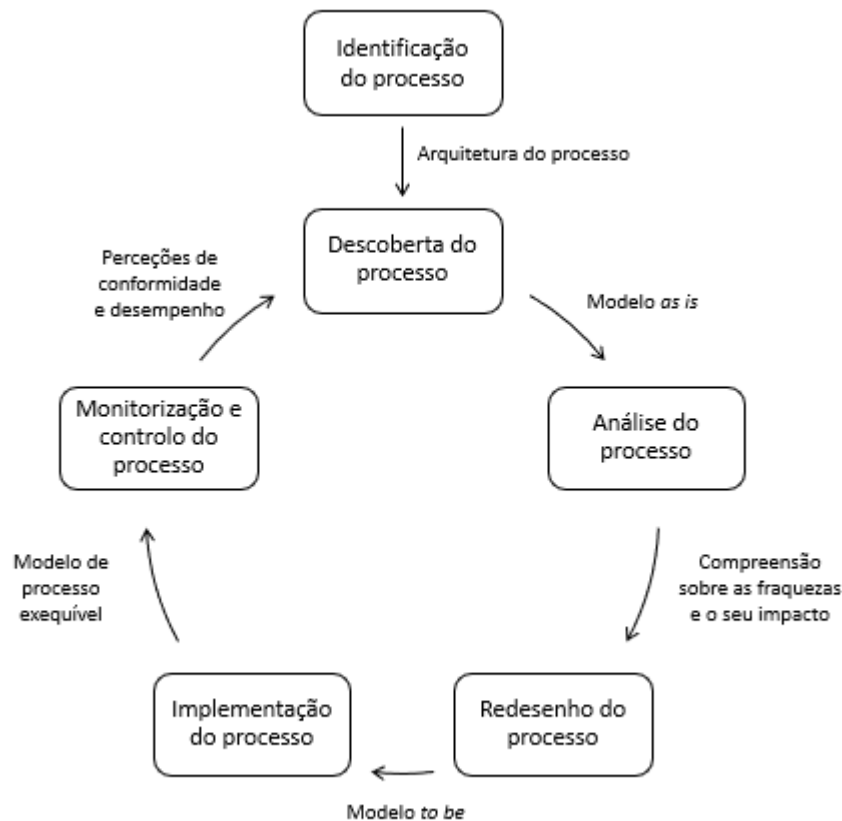
Para alcançar uma gestão de processos de negócio bem-sucedida, a organização deve adaptar o BPM de acordo com a sua realidade, sendo que o BPM deve ser uma prática permanente e que facilite ganhos contínuos em eficiência e eficácia. Porém, o BPM não se deve concentrar apenas na criação de recursos necessários naquele momento para a organização, mas, sim, na criação de recursos dinâmicos necessários para responder de maneira eficaz a futuras contingências. Assim, o BPM deve ter um foco abrangente e uma abordagem holística que inclua aspetos estratégicos, metodológicos, técnicos e sociais.

### 2.1.1. Modelação dos processos de negócio

A modelação de processos de negócio é a atividade de representar os processos de um dado negócio, de forma a que o processo atual (modelo *as is*) possa ser estudado e melhorado no futuro (modelo *to be*) (Chinosi & Trombetta, 2012). O principal objetivo do *Business Process Model and Notation* (BPMN) é fornecer uma notação que seja compreendida pelos utilizadores corporativos, desde os analistas de negócio que esboçam os rascunhos iniciais dos processos até aos técnicos responsáveis por desenvolvê-los, implementá-los e monitorizá-los (Chinosi & Trombetta, 2012).

### 2.1.2. Ciclo de vida do BPM

O ciclo de vida do BPM é constituído por: identificação do processo, descoberta do processo, análise do processo, redesenho do processo, implementação e controlo e monitorização do processo, como se pode ver na Figura 1.



**Figura 1 - Ciclo de vida do BPM (adaptado de Dumas et al., 2013)**

A primeira fase do ciclo de vida do BPM é a identificação do processo, sendo que a questão a ser respondida nesta etapa é “qual o processo de negócio que pretendemos melhorar?”. Deste modo, a equipa deve começar por identificar os processos relevantes para o problema, limitando o âmbito desses processos e identificando as relações entre eles. Esta fase assume, geralmente, a forma de um conjunto de processos e ligações entre os mesmos, que representam diferentes tipos de relações (Dumas et al., 2013). Porém, esta fase não se resume apenas à identificação do problema, mas também à identificação de indicadores de desempenho, de forma a que posteriormente seja possível a avaliação do processo. Segundo Dumas et al. (2013), medir o valor entregue por um processo é uma etapa crucial no BPM.

A segunda etapa, descoberta do processo, refere-se ao conhecimento detalhado do processo de negócio em estudo. Um dos resultados adquiridos nesta fase é habitualmente um ou vários modelos *as is*, que servem para facilitar a comunicação entre os envolvidos e refletem a percepção que as pessoas da organização têm sobre o funcionamento daquele processo (Dumas et al., 2013). Poder-se-ia modelar um processo de negócio através de descrições textuais, no entanto, essas são difíceis de ler e fáceis de serem interpretadas erradamente, devido à ambiguidade inerente ao texto de forma livre. Por esse motivo, é recorrente utilizar-se diagramas para modelar os processos de negócios ao invés de descrições textuais, sendo os primeiros de mais fácil compreensão. Note-se que os diagramas podem ser acompanhados de anotações em texto.

Apesar de existem várias linguagens para modelar processos, sendo os fluxogramas uma das mais antigas, a linguagem de modelação de processos utilizada na realização do trabalho aqui apresentado é *Business Process Model and Notation* (BPMN), definida como sendo a linguagem padrão pelo *Object Management Group* (OMG) em 2011 (Dumas et al., 2013).

Em BPMN, as atividades são representadas por retângulos arredondados, os nós de controlo (*gateways*) são representados por losangos e a ligação entre as atividades e os nós de controlo são feitos através de arcos, denominados por fluxos, que determinam a ordem pela qual o processo é executado. Os participantes no processo são identificados pelas várias *lanes* existentes, as quais contemplam as várias atividades respeitantes a cada participante.

Após ser compreendido o processo em detalhe, segue-se a identificação e análise dos problemas existentes no processo, ou seja, identificação e avaliação dos problemas e oportunidades de melhoria. A próxima fase é identificar e analisar possíveis soluções para esses problemas, onde o analista considera várias possibilidades de resolução de cada problema. Ao fazer isso, o analista precisa de ter em conta que uma mudança no processo para resolver um problema pode vir a causar outros problemas no futuro.

O analista, após identificar o(s) problema(s) e de ter um conjunto de possíveis soluções, pode propor um redesenho do processo, um modelo *to be* do processo. Este modelo é o resultado da quarta fase do ciclo de vida do BPM, seguindo-se a implementação das mudanças apresentadas no modelo *to be*, que envolve geralmente duas fases complementares: a gestão da mudança organizacional e a automação do processo (Dumas et al., 2013).

No entanto, ao longo do tempo, podem ser necessários alguns ajustes. Desse modo, o processo deve ser monitorizado e os dados recolhidos devem ser examinados, a fim de se identificarem os ajustes necessários para controlar melhor a execução do processo.

## 2.2. Logística e Cadeia de Abastecimento

A maioria das organizações reconhecem o impacto vital que a gestão logística pode ter na obtenção de vantagem competitiva. No entanto, os conceitos gestão logística e gestão da cadeia de abastecimento são muitas vezes confundidos e utilizados erradamente. Desse modo, apresenta-se a definição dos dois conceitos e as suas diferenças de forma a clarificá-los.

Em Cooper et al. (1997), os autores apresentam a gestão logística definida em 1986 pelo *Council of Logistics Management* como sendo o processo de planeamento, implementação, controlo de fluxo e armazenamento de matéria-prima, produto intermédio e produto acabado, e fluxo de informação desde o ponto de origem até ao ponto de consumo tendo sempre como objetivo cumprir os requisitos do cliente.

Similarmente, Martin (2011) definiu logística como sendo o processo de gestão estratégica da aquisição, movimentação e armazenamento dos materiais, peças e produtos acabados mas, também, como sendo o processo de gestão do fluxo de informação através da organização e dos seus canais de marketing, de forma a maximizar a rentabilidade atual e futura através do cumprimento económico dos pedidos.

Portanto, a logística tem como objetivos: (i) maximizar os ganhos e minimizar os custos, (ii) garantir um adequado nível de serviço ao cliente, e (iii) disponibilizar o produto certo, no lugar certo e no tempo certo. Para isso, é necessário executar um planeamento prévio e ter um controlo da matéria-prima, do produto intermédio e do produto acabado atualizados.

A gestão da cadeia de abastecimento (GCA) transformou o pensamento de várias organizações sobre como é que podem servir melhor os mercados e como podem obter vantagem competitiva. Atendendo à crescente importância da gestão da cadeia de abastecimento, as estratégias da cadeia de abastecimento (CA) devem desempenhar papéis importantes na definição das estratégias de operações das empresas (Qi, Huo, Wang, & Yeung, 2017).

Inicialmente, o termo gestão da cadeia de abastecimento (GCA) enfatizou uma redução de *stock*, tanto dentro, como entre as empresas. Mas essa perspetiva inicial foi ampliada, tendo sido definida como a logística através das fronteiras interorganizacionais (Cooper et al., 1997).

Definitivamente, há uma necessidade de integração das operações de negócios na CA que vai além da logística (Cooper et al., 1997). A GCA baseia-se na estrutura implementada pela logística e procura alcançar a articulação e a coordenação entre os seus processos, os dos seus fornecedores e, ainda, os dos seus clientes. Portanto, o foco da GCA está na gestão de relacionamentos, com vista a alcançar um resultado mais lucrativo para todos os intervenientes da cadeia (Martin, 2011). Deste modo, um dos objetivos da GCA é a redução ou eliminação dos *buffers* que existem entre as

organizações numa cadeia de abastecimento, partilhando as informações necessárias sobre a procura e os níveis de *stock* atuais.

### 2.3. *Lean Thinking*

O conceito *lean thinking*, criado pelo *Toyota Production System* (TPS), define o valor de cada processo, distinguindo as atividades de valor acrescentado das atividades sem valor acrescentado. Para além disso, tem como objetivo eliminar ou reduzir o desperdício para que cada etapa apenas acrescente valor ao processo (Rahman, Sharif, & Esa, 2013).

Segundo Womack & Jones (2003), *lean thinking* é *lean*, uma vez que fornece uma maneira de fazer mais com menos esforço humano, menos equipamentos, menos tempo e com menos espaço, fornecendo aos clientes produtos que vão, cada vez mais, ao encontro das suas expectativas.

Os objetivos do *lean manufacturing* são reduzir o desperdício dos esforços humanos e de existências, chegar ao mercado no tempo certo e gerir o *stock* de forma a responder rapidamente à procura do cliente, enquanto se produzem produtos de qualidade da forma mais eficiente e económica (Rahman et al., 2013).

#### 2.3.1. Os princípios *lean thinking*

É fulcral que, quer os gestores, quer os funcionários, compreendam claramente os princípios *lean* para que a sua implementação seja bem sucedida (Wong & Wong, 2011).

Os cinco princípios *lean* identificados são (Womack & Jones, 2003):

- **Especificar o valor:** especificar o valor com precisão é o ponto de partida do *lean thinking*, sendo que o valor é criado pelo produtor e definido pelo cliente final. O valor está relacionado com a correspondência entre o que foi entregue e as necessidades do cliente, mas também entre o preço final e o preço que o cliente está disposto a pagar e a entrega do produto/serviço no tempo certo;
- **Identificar o fluxo de valor:** o fluxo de valor é o conjunto de todas as ações específicas necessárias para entregar, ao cliente, um produto específico. O fluxo de valor de um produto específico deve estar totalmente mapeado pela empresa *lean*, identificando as etapas que acrescentam valor ao produto e as que geram desperdício, sendo que estas últimas devem ser eliminadas ou reduzidas. Contudo, as atividades de uma empresa podem ser divididas em três categorias: as que acrescentam valor para o cliente, as que não

acrescentam valor, mas que são necessárias e as que não são necessárias e não acrescentam valor e que devem ser eliminadas;

- **Fluxo:** este princípio afirma que o fluxo deve ser contínuo, no entanto este pensamento não é intuitivo para a maioria das pessoas. Desse modo, a alternativa é redefinir o trabalho das funções, departamentos e empresas para que possam contribuir positivamente para a criação de valor e para atender às necessidades reais dos funcionários em todos os pontos ao longo do fluxo, pelo que se deve fazer um fluxo de valor;
- **Pull:** este princípio baseia-se na programação e produção dos produtos apenas quando o cliente quer, contrariamente à abordagem tradicional em que a produção se baseava em previsões da procura. Deste modo, o cliente retira (*pull*) o produto da empresa conforme necessário, em vez da empresa empurrar (*push*) os produtos, muitas vezes indesejados, para o cliente;
- **Perfeição:** o processo de redução do esforço, tempo, espaço, custos e erros é um processo que não tem fim e tem como objetivo oferecer um produto cada vez mais próximo do que o cliente realmente necessita. Portanto, a perfeição é o motor da melhoria contínua.

### 2.3.2. As dimensões do *lean thinking*

A literatura apresenta sete dimensões do *lean*, sendo estas (Wahab, Mukhtar, & Sulaiman, 2013):

1. **gestão da força de trabalho:** baseia-se no recrutamento, seleção, educação, formação, avaliação e recompensa com o objetivo de promover a contribuição dos colaboradores e aumentar a responsabilidade e capacidade dos mesmos;
2. **processos de fabricação e equipamentos:** asseguram que os padrões de qualidade estão a ser respeitados;
3. **relação com o fornecedor:** aumenta o grau de “integração operacional” entre o cliente e o fornecedor;
4. **planeamento e sequenciamento da produção:** sincroniza a produção e a procura;
5. **relação com o cliente:** desenvolve uma relação logística, de forma a garantir entregas confiáveis e rápidas, para desenvolver técnicas comerciais e de marketing, a fim de tornar a procura mais previsível e mais estável;
6. **sistema de informação visual:** permite um *feedback* rápido e ajuda os decisores a tomarem decisões relevantes e ações corretivas;
7. **desenvolvimento de produtos e tecnologia:** adoção de práticas inovadoras de tecnologia no design de produto e metodologias avançadas.

### 2.3.3. Os oito desperdícios

Segundo Womack & Jones (2003), o desperdício (“muda” em japonês) significa qualquer atividade humana que absorve recursos mas não cria nenhum valor. Taiichi Ohno, o executivo da Toyota, identificou os primeiros sete desperdícios e Womack & Jones (2003) identificaram o oitavo, sendo estes:

1. **Superprodução:** produzir a mais, muito cedo ou *just-in-case* é a maior fonte de desperdício. Segundo Ohno este tipo de desperdício é o pior, uma vez que é a raiz de muitos problemas e de outros desperdícios;
2. **Tempo de espera:** ocorre quando o tempo não está a ser usado da melhor maneira, provocando esperas por falta de ordens de produção, falta de peças provenientes de etapas anteriores, falta de matéria-prima. Quanto menor for o *lead time*, maior será a competitividade da empresa e a satisfação do cliente;
3. **Movimento desnecessário:** este desperdício pode ser de dois tipos: humano e *layout*. Relativamente ao humano, relaciona-se com a ergonomia da produção que levará a problemas de produtividade e qualidade. Quanto ao movimento de *layout*, este refere-se ao *layout* inadequado no local de trabalho, gerando movimentos de materiais/produtos que poderiam ser evitados;
4. **Transporte:** refere-se ao movimento desnecessário dos materiais, afetando a produtividade e a qualidade do produto;
5. **Processamento inadequado:** ocorre quando as máquinas e os processos não são capazes de cumprir com a qualidade pré-estabelecida. Um processo capaz exige métodos corretos, formação e padronização;
6. **Stock:** tende a aumentar o *lead time*, evita a rápida identificação de problemas e aumenta o espaço ocupado e os custos;
7. **Defeitos:** podem ser defeitos internos, que resultam em sucata, retrabalho e atraso, ou defeitos externos, que resultam em garantias, reparações e serviços ao domicílio;
8. **Pessoas subutilizadas:** refere-se ao envolvimento de um número de pessoas superior ao necessário para realizar uma dada tarefa, não aproveitando ao máximo o potencial do indivíduo, uma vez que a inteligência criativa dos funcionários não é utilizada. Além disso, a não atribuição da tarefa correta e o mau balanceamento da carga gera perda de tempo, de ideias, de capacidades, de melhorias e de oportunidades de aprendizagem por não ouvir os colaboradores.

Na Figura 2 podem-se observar as relações entre as dimensões *lean* e os oito desperdícios num sistema produtivo. Note-se que o *feedback* do cliente desempenha, em qualquer empresa, uma função muito importante na obtenção de informações a fim de produzir o produto certo pelo qual o cliente fica satisfeito e que valoriza.

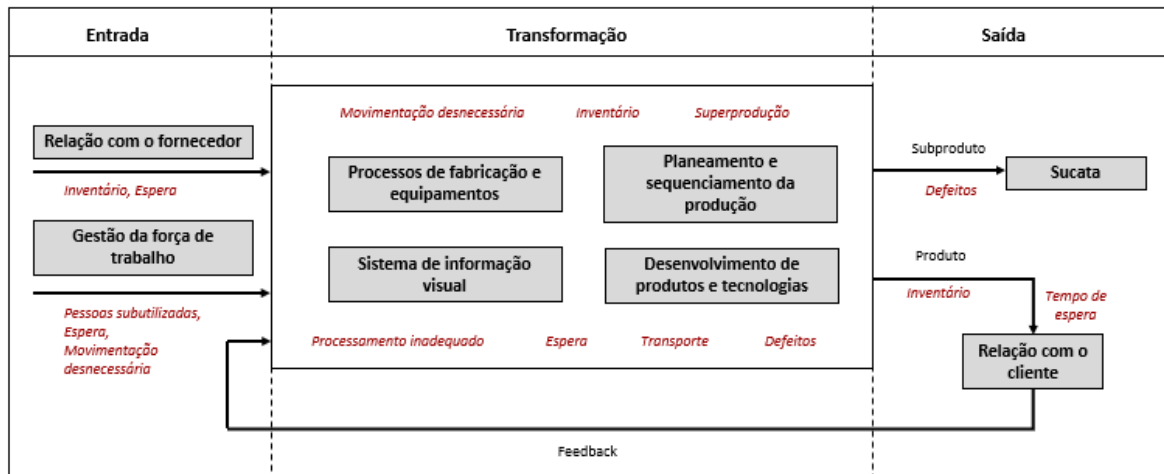


Figura 2 - As dimensões lean e os desperdícios (adaptado de Wahab et al., 2013)

Em suma, o *lean* refere-se à eliminação ou redução do desperdício e tem como objetivo melhorar a produtividade e reduzir os custos, limitando os níveis de *stock* e o desperdício. Para isso, é necessário ter em conta os princípios *just-in-time* e implementar um sistema de controlo *pull* (Puchkova, Le Romancer, & McFarlane, 2016). Contudo, na presença de flutuações na procura, encomendas urgentes, avarias nas máquinas e problemas de perda de qualidade, os baixos níveis de *stock* podem originar reduções no desempenho e atrasos na data de entrega planeada. Assim, a capacidade de ser *lean* e, ao mesmo tempo, lidar com ruturas é o verdadeiro desafio (Puchkova et al., 2016).

## 2.4. Sistemas *Push* vs. *Pull*

Existem dois tipos de estratégia de controlo da produção que podem ser adotados: *push* e *pull*. A abordagem mais convencional é *push*, na qual as peças são empurradas para a próxima etapa o mais rápido possível por forma a evitar a paragem das etapas a jusante. Esta abordagem permite que o prazo de entrega seja reduzido, uma vez que quando o cliente realiza a encomenda existem já vários produtos semiacabados ou, até mesmo, acabados, disponíveis (Puchkova et al., 2016). No



entanto, os sistemas *push* apresentam algumas desvantagens, tais como custos elevados de *stock*, alto risco de *stock* obsoleto, baixos níveis de serviço e lucros baixos.

Contrariamente, os sistemas *pull* são caracterizados pelos centros de trabalho a jusante que puxam o *stock* das operações a montante, conforme necessário (Gaury, Kleijnen, & Pierreval, 2017). Portanto, a produção neste tipo de sistemas é impulsionada com base na procura do cliente, produz-se conforme permitido pela capacidade produtiva e os níveis de *stock* são limitados e controlados por *kanbans* (Puchkova et al., 2016). Em sistemas *pull*, um centro de trabalho poderá ser bloqueado porque não existe necessidade de nenhuma peça no *stock* de entrada ou não é permitido produzir, uma vez que todos os *kanbans* são anexados aos produtos e serão libertados somente se o centro de trabalho a jusante necessitar de um desses produtos (Gaury et al., 2017). Em suma, os sistemas *pull* apresentam elevados níveis de serviço e baixos níveis de *stock*, que resultam em baixos custos de transporte (Puchkova et al., 2016). No entanto, estes sistemas apresentam, também, algumas dificuldades em responder às variações da procura, uma vez que possuem baixos níveis de *stock* (Puchkova et al., 2016).

Os sistemas *pull* podem ser modelizados como uma rede de filas fechadas. Contrariamente, os sistemas *push* podem ser modelizados como uma rede de filas abertas. Como tal, o *work in progress* (WIP), o tempo médio de fluxo e a variância do tempo de fluxo nos sistemas *pull* tendem a ser menores do que nos sistemas *push*. Deste modo, os sistemas *pull* tornam-se mais fáceis de controlar, uma vez que controlam o WIP, enquanto os sistemas *push* controlam o rendimento (Huang, Wang, & Ip, 1998).

Todavia, a maioria dos sistemas de controlo de produção são híbridos, isto é, consistem numa combinação entre sistemas *pull* e *push* (Bonney, Zhang, Head, Tien, & Barson, 1999). Através destes sistemas híbridos, e conseguindo, portanto, aproveitar as vantagens dos dois sistemas, diminuindo as suas desvantagens, as organizações obtêm maiores lucros.

## 2.5. Sistemas de Planeamento e Controlo da Produção

O controlo, quer da produção, quer do *stock*, tem um impacto importante no desempenho de qualquer empresa industrial e, consequentemente, na sua competitividade (Gaury et al., 2017). Assim sendo, os sistemas de planeamento e controlo da produção são considerados ferramentas cruciais para corresponder às exigências e expectativas cada vez maiores dos clientes (Stevenson, Hendry, & Kingsman, 2005). Os sistemas eficazes de controlo da produção são aqueles que produzem as peças certas, no tempo certo, a um custo competitivo (Huang et al., 1998).

Segundo Stevenson et al. (2005), as funções típicas de um sistema de planeamento e controlo da produção incluem:

- planear a quantidade de matéria-prima necessária;
- gerir a procura;
- planear a capacidade;
- sequenciar as diversas operações.

Os objetivos destas funções são:

- diminuir o *work in progress* (WIP);
- minimizar os tempos de produção e *lead times*;
- minimizar os custos de armazenamento;
- melhorar a capacidade de resposta às mudanças da procura;
- melhorar o cumprimento da data de entrega planeada.

Porém, o aumento da procura por produtos personalizados gerou um crescimento no número de empresas a trabalhar segundo o sistema *make-to-order* (MTO), conduzindo a uma maior concorrência entre as mesmas e à crescente importância da estratégia dos prazos de entrega (Stevenson et al., 2005).

No caso de uma empresa MTO, quando uma encomenda é feita, o projeto base já se encontra disponível. Porém, a produção e a montagem do produto apenas são iniciadas aquando da confirmação da encomenda. Deste modo, as empresas MTO possuem um ponto de desacoplamento (*Order Penetration Point* - OPP) mais a montante na cadeia de valor do que as empresas *make-to-stock* (MTS).

Segundo Olhager (2003), o ponto de desacoplamento é o ponto da cadeia de valor de fabricação de um produto, onde este é vinculado a um pedido específico de um cliente.

Contudo, existem vários fatores que podem afetar o posicionamento do ponto de desacoplamento, tais como, fatores de mercado, produto e estratégias de produção. Portanto, quanto mais a montante o ponto de desacoplamento se situar na cadeia de valor, maior será o grau de customização que poderá ser oferecido ao cliente, sendo este considerado um objetivo estratégico importante para muitas empresas. No entanto, a customização invariavelmente leva a produtos não padronizados no chão de fábrica e, sem o stock de segurança de produtos acabados, os prazos de entrega são naturalmente mais longos do que em empresas MTS.

Existem várias abordagens que podem ser adotadas no planeamento e controlo da produção, sendo algumas delas aqui apresentadas, tais como *Kanban*, a Teoria das Restrições (*Theory of Constraints* - TOC), *Workload Control* (WLC) e *Constant Work In Progress* (CONWIP).

### 2.5.1. Kanban

*Kanban* (kahn-bahn) é uma palavra japonesa, que traduzida significa “registro visível” ou “parte visível” (Rahman et al., 2013). O sistema *kanban* foi desenvolvido pelo Dr. Taiichi Ohno, gestor da empresa *Toyota Motors*, e tem como princípio limitar o nível de *stock* em cada etapa de um dado processo, através da definição de circuitos de controlo entre cada par de etapas consecutivas, como se pode ver na Figura 3 (Gaury et al., 2017).

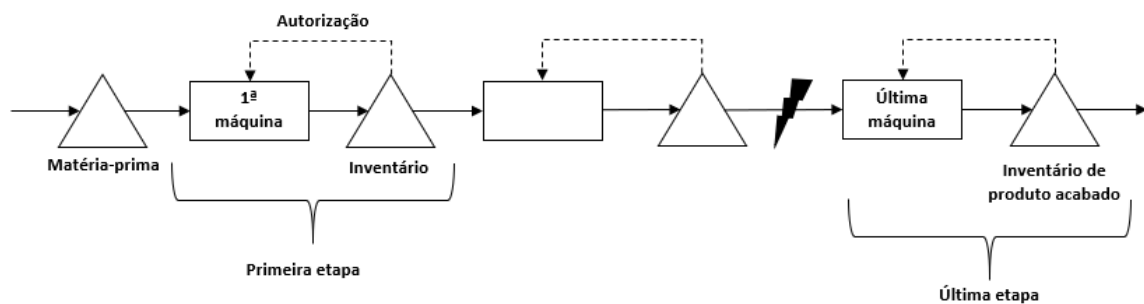


Figura 3 - Sistema *kanban* (adaptado de Gaury et al., 2017)

Na Figura 3 onde os triângulos representam o inventário, ou *buffer*, como também pode ser designado, estes servem para que não haja ruturas no abastecimento da máquina ou no fluxo da linha, ou seja, os *buffers* existem para minimizar os impactos que uma avaria a montante pode originar em toda a linha.

Num sistema de produção *lean*, o *kanban* é utilizado como uma ferramenta de controlo dos níveis de inventário dos *buffers* de forma a regular a produção (Rahman et al., 2013). A premissa de um *kanban* é a de que o material não será produzido ou movido até que um cliente, seja ele interno ou externo à organização, envie um sinal para o fazer (Rahman et al., 2013). Geralmente, esse sinal é dado pelos cartões *kanban*.

Segundo Rahman et al. (2013), a maioria das empresas japonesas implementam o sistema *kanban* porque reduz custos, uma vez que elimina o excesso de produção, desenvolve estações de trabalho flexíveis, reduz o desperdício e a sucata, minimiza os tempos de espera e os custos logísticos, reduzindo, assim, os níveis de *stock* e os custos indiretos.

Em suma, o sistema *kanban* oferece muitas vantagens na gestão das operações, daí ser considerado uma decisão operacional estratégica a ser utilizada para melhorar a produtividade da empresa, ao mesmo tempo que diminui o desperdício na produção (Rahman et al., 2013).

### 2.5.2. CONWIP

O *Constant Work In Progress* (CONWIP) é uma forma generalizada do sistema *kanban* e é aplicável a ambientes de produção que produzem variados tipos de produtos (Huang et al., 1998). O objetivo do CONWIP é combinar os baixos níveis de *stock* do sistema *kanban* com o alto rendimento do sistema *push*. Isto significa que existe apenas um número limitado de peças em produção e que a matéria-prima só é libertada para o sistema quando a última etapa solicitar (Gaury et al., 2017). Relativamente ao princípio *pull* presente nesta estratégia, este é evidenciado dentro do sistema, quando cada etapa terá de produzir o mais rápido possível para satisfazer o pedido iniciado pela última etapa do processo.

Comparativamente ao sistema *kanban*, o CONWIP requer uma implementação mais simples, uma vez que apenas a última etapa comunica com a primeira, ao invés de comunicarem aos pares como acontece no sistema *kanban*, tal como se pode ver na Figura 4. O sistema CONWIP, tal como o sistema *kanban*, responde apenas aos pedidos do cliente e, por isso, é baseado no sistema *pull*. Alguns autores classificam o CONWIP como sendo um sistema *kanban* de uma única etapa (Huang et al., 1998).

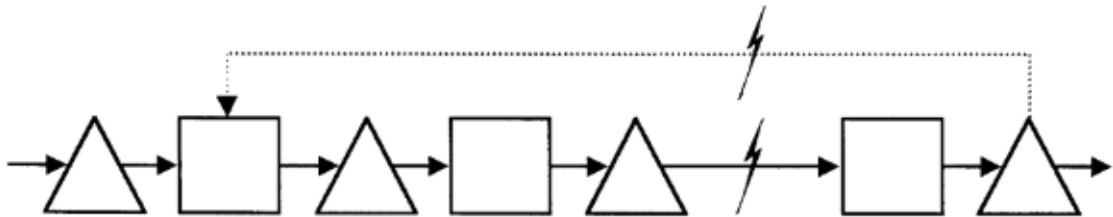


Figura 4 - Sistema CONWIP (adaptado de Gaury et al., 2017)

Embora alguns estudos tenham mostrado que um sistema *kanban* teria níveis de WIP mais baixos do que um sistema CONWIP, com o mesmo rendimento e sob certas condições, a maioria dos estudos referem que o CONWIP resultara em níveis de WIP mais baixos do que um sistema *kanban*, com a mesma taxa de transferência (Huang et al., 1998).

### 2.5.3. A Teoria das Restrições

A Teoria das Restrições, originária do trabalho de Goldratt, é um conceito que foi projetado especificamente para organizações com recursos gargalo (Thürer, Stevenson, Silva, & Qu, 2017). De acordo com a mesma, a produção deve ser escalonada tendo em conta as necessidades dos

recursos gargalo, uma vez que são estes recursos que determinam o desempenho de todo o sistema produtivo (Stevenson et al., 2005).

Esta teoria foi originalmente concebida na década de 1970 como um algoritmo de escalonamento, que mais tarde foi desenvolvida num conceito de planeamento e controlo da produção. Um dos seus elementos principais é o *Optimized Production Technology* (OPT), mecanismo de escalonamento, sendo atualmente mais conhecido como *Drum-Buffer-Rope* (DBR). O DBR controla a libertação das tarefas para o sistema de acordo com o gargalo, ou restrição, como se pode observar na Figura 5.

A abordagem DBR controla a libertação das tarefas para o sistema de acordo com o gargalo e é constituída, tal como o nome indica, por três elementos:

- **Drum:** que significa tambor, é a restrição, que poderá ser o recurso gargalo ou o mercado, e o seu escalonamento;
- **Buffer:** que significa reserva/amortecedor, é o *buffer* de restrição (*buffer* antes do gargalo) e o *buffer* de envio (*stock* de produto acabado);
- **Rope:** que significa corda, é o canal de comunicação para fornecer *feedback* do *drum* para o início do sistema, isto é, *order release*. Tendo em conta este *feedback* e tendo em conta a taxa de produção do gargalo, as ordens são lançadas para o sistema. Segundo Thüerer et al. (2017), existem duas cordas: a corda 1 que determina o cronograma no gargalo para explorar a restrição de acordo com o objetivo da organização e a corda 2 que submete o sistema à restrição (recurso gargalo).

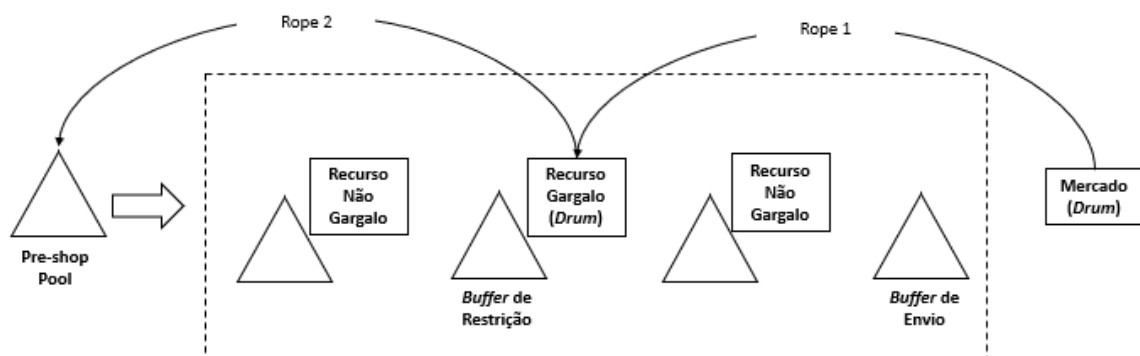


Figura 5 - Drum-Buffer-Rope (adaptado de Thüerer et al., 2017)

Os resultados da aplicação desta teoria prendem-se com a redução do *lead time* e do tempo de ciclo e, ainda, com o aumento da receita, sendo possível aplicar em *job shop* e em pequenas empresas, demonstrando, também, aplicabilidade em empresas MTO (Stevenson et al., 2005).

#### 2.5.4. *Workload Control*

O *Workload Control* é um conceito de planeamento e controlo da produção que foi desenvolvido ao longo de mais de 30 anos. Embora existam várias abordagens diferentes sobre *Workload Control*, um elemento comum é o uso de um mecanismo de libertação de pedidos baseado na carga. Usando os princípios de controlo de entrada/saída, os métodos de libertação baseados em carga visam estabilizar a carga de trabalho no sistema, tendo em conta a taxa de saída. O conceito de *Workload Control* revelou, quer em simulações quer na prática, melhorias no desempenho das organizações que possuem alta variedade de produtos (Thürer et al., 2017).

Quer a Teoria das Restrições quer o *Workload Control* utilizam *buffers* para proteger a taxa de transferência de um sistema da variabilidade no conjunto de tarefas que chegam ao chão de fábrica. Para além disso, ambos utilizam a *order release* para controlar o *buffer*, conseguindo, assim, minimizar os custos do *buffer*, uma vez que as encomendas não são lançadas para a produção no momento em que são efetuadas pelo cliente, mas sim de forma a criar um conjunto de ordens de fabrico no chão de fábrica exequíveis para atingir os vários níveis de desempenho desejados (Thürer et al., 2017).

Segundo Thürer et al. (2017), os gargalos podem ser classificados em três categorias:

- **Gargalo moderado:** os tempos de processamento de todos os não-gargalos são reduzidos em 5%;
- **Gargalo grave:** os tempos de processamento de todos os não-gargalos são reduzidos em 20%;
- **Gargalo muito grave:** os tempos de processamento de todos os não-gargalos são reduzidos em 35%.

#### 2.6. As Ferramentas da Qualidade

Atualmente, as empresas estão sob pressões cada vez mais crescentes, uma vez que os mercados estão a exigir produtos mais sofisticados e personalizados. Portanto, as empresas devem perceber o impacto que essa mudança de mentalidade poderá ter no mercado e procurar oportunidades para melhorar as suas capacidades estratégicas, por forma a adaptarem-se e a encontrarem melhorias em todas as áreas do negócio, com base na consciencialização e compreensão das estratégias e sucessos atuais (Singh, Khan, & Grover, 2012).

Cada vez mais as empresas não se preocupam apenas em entregar ao seu cliente um produto sem defeitos, mas, sim, em estabelecer a máxima eficiência no desempenho de todos os processos necessários para entregar um produto final sem defeitos (Singh et al., 2012).

Ishikawa (1985) e McConnell (1989) identificaram uma lista de sete ferramentas básicas da qualidade, sendo estas: fluxograma, diagrama causa-efeito, diagrama de Pareto, histograma, folha de registo de dados, cartas de controlo e diagrama de dispersão (Singh et al., 2012).

Porém, nesta secção serão apenas descritas as ferramentas utilizadas na realização deste trabalho, o fluxograma e o diagrama de Pareto.

O Fluxograma é uma representação visual ou um diagrama que recorre a símbolos para descrever a natureza e o fluxo das etapas de um processo (Singh et al., 2012).

De acordo com Arunagiri & Gnanavelbabu, (2014), a análise de Pareto é uma técnica simples utilizada para priorizar possíveis mudanças, identificando os problemas que podem ser resolvidos ao implementar essas mesmas mudanças. O Princípio de Pareto, também conhecido como a “Regra 80/20”, afirma que 20% das causas geram 80% dos resultados ou que 20% dos problemas são devidos a 80% das causas.

### 3. Estudo prático

#### 3.1. Enquadramento do projeto

Neste subcapítulo a empresa e a sua matéria-prima são brevemente descritas, como também o seu processo produtivo para uma melhor compreensão do funcionamento da unidade fabril na qual o projeto foi realizado.

##### 3.1.1. A empresa e a sua matéria-prima

A empresa opera com uma matéria-prima nobre e 100% natural, a cortiça. A cortiça é a casca do sobreiro (*Quercus Suber L.*), sendo um recurso natural e sustentável, quer ao nível económico quer ao nível ambiental.

O primeiro descortiçamento ocorre entre os 20 e os 35 anos do sobreiro, no entanto a cortiça resultante do primeiro descortiçamento (cortiça virgem) não é adequada para o fabrico de rolhas. Contudo, é considerada adequada para o fabrico de outros produtos. Apenas a partir do terceiro descortiçamento é que a cortiça extraída é considerada apta para a produção de rolhas, uma vez que já apresenta uma estrutura regular com costa e barriga lisas. Sendo que de nove em nove anos, a partir do terceiro descortiçamento, o sobreiro fornecerá cortiça de boa qualidade durante cerca de um século e meio.

A empresa em questão é caracterizada por aproveitar, quer os seus desperdícios, quer o de outras organizações, por forma a obter um produto final diferenciado e com os mais variadíssimos destinos: indústria aeroespacial, indústria do calçado, isolamento térmico e sonoro, *infills* para campos de futebol, etc. Contrariamente ao esperado, o seu produto final não é a rolha, mas, sim, granulado, blocos e cilindros aglomerados, placas, rolos e produtos customizados, tais como *memo boards*, bases para copos, entre outros.

Consequentemente, a sua matéria-prima é proveniente das mais diversas fontes, dos vários descortiçamentos, aparas, granulado e, ainda, reaproveitamento de desperdícios de outras indústrias e da própria. Existe, ainda, outra forma de aproveitamento da cortiça, nomeadamente dos despojos da poda, onde se obtém a falca – tecido misto de cortiça virgem, entrecasto e lenho, retirada tradicionalmente com machado ou enxó, ou com equipamento específico, a partir dos ramos podados dos sobreiros.



### 3.1.2. O processo produtivo

O processo produtivo desta organização inicia-se com a receção de matéria prima, seguindo-se a pré-trituração ou apenas a trituração, que consiste em triturar a matéria-prima com recurso a moinhos. Posteriormente procede-se à separação granulométrica (0,5-1mm; 1-2mm; 2-4mm; etc) e densimétrica (baixa, média ou alta densidade) do granulado. Após a categorização, o granulado poderá ser:

- armazenado em silos, para posterior embalamento ou secagem. Neste caso, o granulado é considerado produto intermédio;
- embalado em sacos, fardos ou *big bags* de forma a satisfazer as encomendas. Neste caso, o granulado é considerado produto acabado;
- transportado para os secadores, de forma a obterem-se níveis de humidade desejáveis. Neste caso, o granulado poderá ser considerado produto acabado, caso se destine ao cliente externo, ou produto intermédio, caso se destine ao cliente interno (aglomeração).

A empresa possui três triturações, sendo que duas delas efetuam a trituração e posterior secagem sem necessitarem de secadores separadamente. No entanto, estas duas triturações possuem menor capacidade de secagem do que qualquer um dos três secadores presentes na outra trituração.

Porém, quando a matéria-prima rececionada é granulado e possui já as características granulométricas desejadas, não é necessário proceder-se à trituração e procede-se imediatamente à secagem, de forma a cumprir o nível de humidade pré-estabelecido. Para além disso, existe ainda a possibilidade de se rececionar matéria-prima que cumpra todos os parâmetros exigidos, granulométricos, densimétricos e de humidade, não sendo necessário proceder-se nem à trituração nem à secagem.

Após a secagem do granulado, segue-se a aglomeração em blocos ou cilindros. A empresa possui três linhas destinadas à aglomeração em blocos e apenas uma linha destinada à aglomeração em cilindros. Após a aglomeração, os blocos e os cilindros podem ser considerados produto final, quando apenas se segue a embalagem, ou produto intermédio, quando a etapa seguinte é a transformação dos mesmos.

A transformação consiste na laminagem dos blocos e cilindros, dando origem a placas e rolos, respetivamente. No entanto, entre a etapa da aglomeração e a de transformação existe um tempo de estabilização, de forma a que o material esteja nas suas perfeitas condições aquando da sua utilização pelo cliente final. Esse tempo de estabilização é normalmente de 4 dias.

Após a transformação, o produto pode ser considerado produto intermédio ou produto final, seguindo-se a customização ou o embalamento, respetivamente.

A customização poderá ser constituída pelos mais variados processos: corte, pintura, retificação, rebarbagem, etc. A modelação do processo produtivo está representada na Figura 6.

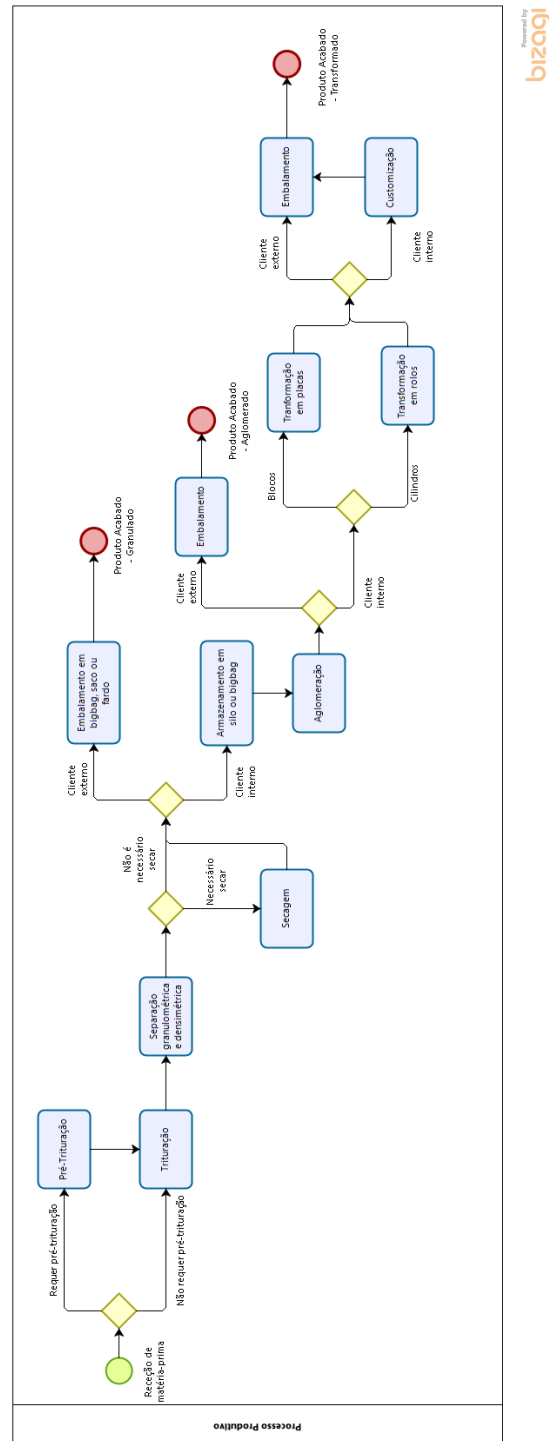


Figura 6 – Mapeamento do processo produtivo

Desta forma é evidente que, em cada etapa do processo, as funções de fornecedor e de cliente coexistem, tornando-se imperativo medir o nível de serviço do cliente interno nas várias etapas do processo.

Assim, o projeto apresentado incidiu sobre a medição e controlo do nível de serviço prestado às várias linhas de aglomeração, bem como a implementação de ações para que esse nível de serviço aumentasse.

### 3.2. Análise do estado inicial

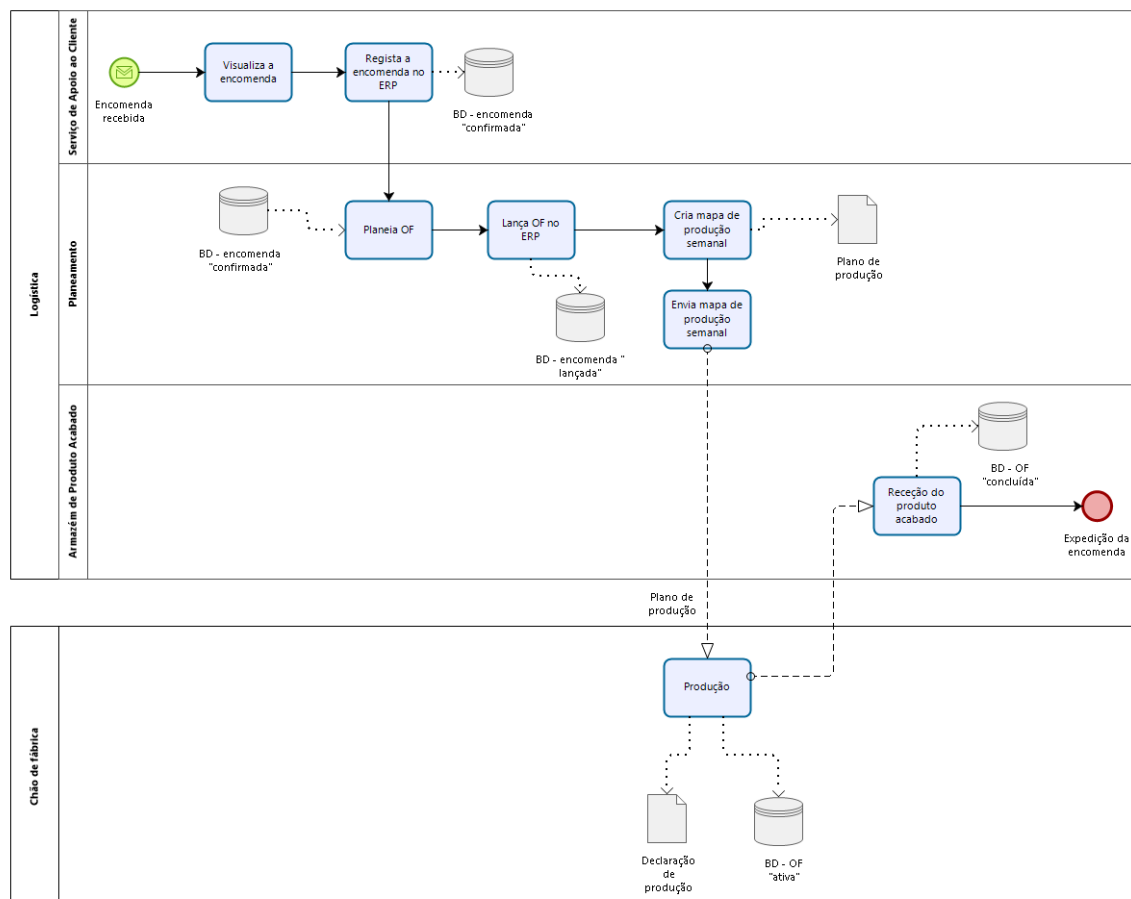
Tendo em consideração que um dos objetivos do projeto apresentado era aumentar o nível de serviço ao cliente interno, começou-se por analisar e perceber o funcionamento do processo de planeamento e controlo da produção, desde que a encomenda é colocada até ser expedida, bem como o processo de sequenciamento das várias Ordens de Fabrico (OFs) relacionadas com o consumo direto de granulado, ou seja, aglomeração (cliente interno) e venda de granulado ao cliente externo. De seguida, procedeu-se à análise dos motivos de paragem das várias linhas de aglomeração e à análise do consumo de granulado por parte da aglomeração.

#### 3.2.1. Planeamento e controlo da produção

O sistema de produção da empresa é caracterizado como sendo um sistema *pull*, ou seja, produz-se apenas para encomenda, e não para *stock*. Dessa forma, o planeamento de uma OF é antecedido pela receção de uma encomenda no Serviço de Apoio ao Cliente (SAC) que, após a receber, introduz quer a encomenda quer a data de entrega desejada pelo cliente no ERP (*Enterprise Resource Planning*), ficando, assim, no estado “confirmada”. Posteriormente, o planeamento visualiza as OFs por planear e as respetivas datas de entrega desejadas e avalia a capacidade produtiva disponível, de forma a cumprir a data pretendida. Caso seja possível, confirma e “lança” a OF no ERP. Caso não seja possível, agenda a produção para a primeira semana em que tenha disponibilidade e introduz a nova data de entrega prevista, para que o SAC informe o cliente desta alteração. Posteriormente, e na semana anterior a ser produzida, a encomenda é introduzida no plano de produção semanal. Após a sua produção, a encomenda segue para o armazém de produto acabado (APA) e é expedida. Dado que as encomendas poderão ser de granulados, blocos ou cilindros aglomerados, placas, rolos ou produtos customizados, o seu percurso desde a colocação no ERP até à expedição poderá ter caminhos diferentes. No entanto, e por forma a perceber-se o percurso de uma encomenda, é

apresentada, na Figura 7, a modelação do macroprocesso, sem detalhe relativamente ao tipo de produto acabado.

Contudo será apenas descrito e modelado o planeamento realizado quer para a aglomeração quer para as encomendas de granulados destinadas ao cliente externo, uma vez que este estudo se focou no nível de serviço que a área de granulados oferece aos seus clientes, nomeadamente ao cliente interno.



**Figura 7 – Mapeamento do processamento de uma encomenda**

### 3.2.1.1. Cliente Interno - Aglomeração

O planeamento da aglomeração divide-se em duas etapas: a criação das OFs de aglomeração semanais e o sequenciamento diário dessas OFs, encontrando-se modelizado na Figura 8.

A criação das OFs semanais consiste na análise das necessidades de blocos e cilindros aglomerados para a semana  $n+2$ , por forma a criar um plano de aglomeração para a semana  $n+1$ . Uma vez que os blocos e cilindros têm tempos de estabilização de 4 dias é necessário que a sua aglomeração seja

feita com alguma antecedência, por forma a que o produto aglomerado esteja disponível no tempo certo para ser transformado ou apenas embalado. Após análise das necessidades de blocos e cilindros aglomerados para a semana  $n+2$ , o planeador cria e lança as OFs no ERP. De seguida, gera o plano de necessidades de granulados necessário para satisfazer o plano de aglomeração criado com recurso a um ficheiro *Microsoft Office Excel*, que exporta as OFs da semana seguinte do ERP e calcula as quantidades necessárias de cada tipo de granulado para cada linha de aglomeração. Este plano é enviado para o diretor da área de granulados para que seja avaliado de forma a perceber-se se as quantidades necessárias estarão disponíveis ou se existirá previsão de rutura. Esta tarefa é feita à quarta-feira.

O sequenciamento diário das OFs é realizado diariamente tendo em consideração as produções do dia anterior e a disponibilidade de matéria-prima. Este sequenciamento é feito com recurso a uma funcionalidade implementada em *Microsoft Office Excel* que extrai, do ERP para a base de dados em *Excel*, as OFs no estado “lançadas” da semana corrente. Após o planeador sequenciar as OFs, o supervisor da área de granulados visualiza a quantidade de granulado, e respetivo tipo, necessária para o dia seguinte e avalia se existe ou não granulado suficiente para satisfazer o plano. Esta avaliação da disponibilidade de granulado é realizada pelo supervisor que recorre, primeiramente, a uma folha manuscrita com a informação da quantidade de granulado seco existente nos silos e, de seguida, à sua memória, de forma a perceber se existe stock suficiente na empresa, no armazém externo ou se irá receber no dia seguinte a matéria-prima necessária para se proceder à sua secagem, caso esta seja necessária. No caso de as necessidades de granulado serem aprovadas pelo supervisor, o plano é aprovado e enviado para a produção. Caso contrário, o planeador sequencia novamente as OFs de forma a obter um plano exequível. Esta avaliação feita pelo supervisor é uma das etapas cruciais para que o plano diário de aglomeração seja cumprido e encontra-se modelizada na Figura 9.

À sexta-feira é criada uma nova folha de cálculo que extrai as OFs da semana seguinte, de modo a sequenciá-las juntamente com as OFs da semana em curso que não foram finalizadas.

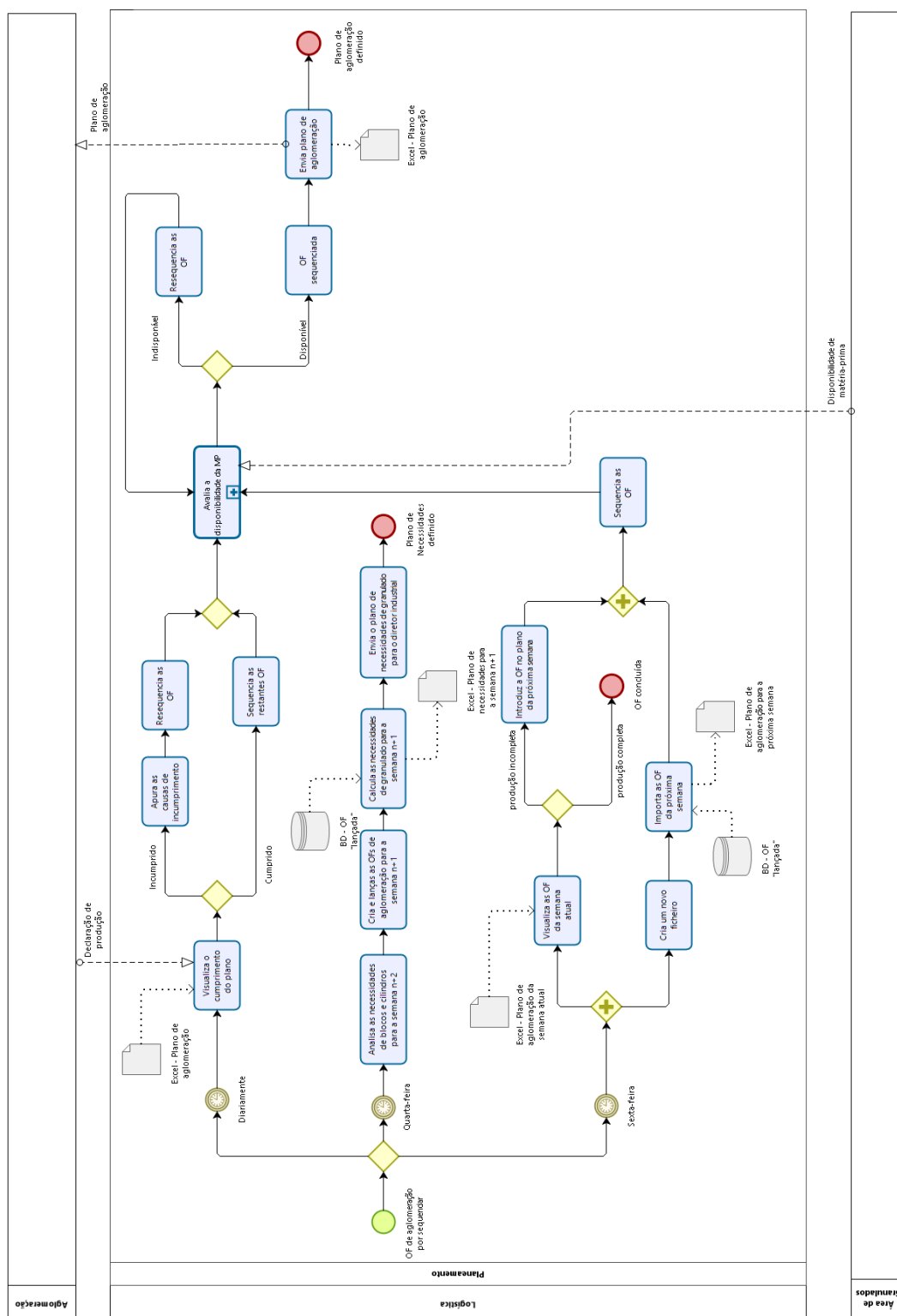


Figura 8 – Mapeamento do planeamento da aglomeração



### 3.2.1.2. Cliente Externo

No caso de o cliente ser externo, o granulado comprado a um fornecedor pode ser vendido diretamente ao cliente ou sofrer alguma alteração. Essa alteração pode compreender o processo de pré-trituração, trituração e secagem ou apenas os processos de pré-trituração e/ou trituração, seguindo-se o embalamento, que é igual em todas as situações.

O processo de planeamento das encomendas de granulados provenientes de um cliente externo é realizado de forma similar ao planeamento de encomendas de outros produtos, ou seja, é avaliada a disponibilidade de se cumprir a data pretendida pelo cliente e, posteriormente, a disponibilidade de produção do produto encomendado. No entanto, o sequenciamento diário das OFs é realizado tendo como auxílio a impressão da carteira de encomendas, extraída do ERP, ou seja, quer o supervisor da área quer o planeador possuem uma impressão com todas as encomendas registadas para o ano corrente e vão anotando manualmente, cada um, na respetiva folha, o que foi produzido e a prioridade de produção das OFs que ainda falta produzir. Contudo, nem sempre o sequenciamento é realizado conjuntamente com o planeador, sendo o supervisor a decidir o que poderá ser, ou não, realizado, consoante a disponibilidade de matéria-prima e de mão-de-obra.

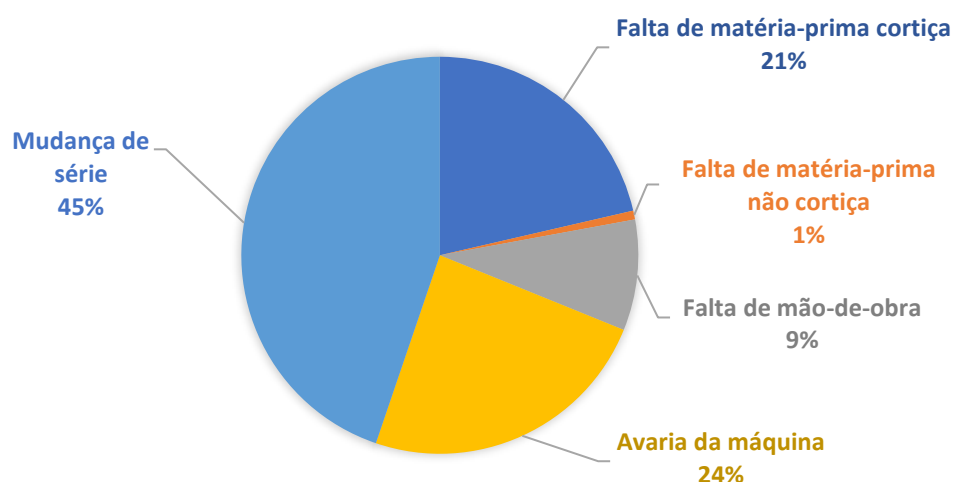
No dia anterior, ou até mesmo no próprio dia em que a encomenda deverá ser expedida, o planeador contacta o supervisor com o objetivo de confirmar se esta está pronta a ser expedida ou não.

### 3.2.2. Motivos de paragem das linhas de aglomeração

Após a análise do processo de planeamento da aglomeração, procedeu-se ao estudo dos motivos de paragem das várias linhas de aglomeração definidos anteriormente pela empresa. Os motivos estudados foram: avaria da máquina, falta de matéria-prima cortiça, falta de matéria-prima não cortiça, falta de mão-de-obra e mudança de série. O motivo “falta de matéria-prima não cortiça” refere-se à falta do material necessário à aglomeração exceto cortiça, tal como o aglutinante. O motivo “mudança de série” refere-se à mudança de referência a produzir, coincidindo com a mudança de ordem de fabrico, exigindo um *setup*, ao qual se encontra associado um tempo improdutivo.

Posto isto, recorreu-se à análise do histórico dos tempos improdutivos relativamente às várias linhas destinadas à aglomeração, quer de blocos quer de cilindros, desde janeiro de 2018 até setembro de 2018, correspondendo a 1980 horas improdutivas, tendo-se construído o gráfico circular apresentado na Figura 10.





**Figura 10 - Análise dos tempos correspondentes aos motivos de paragem**

Através da análise do gráfico, percebeu-se que no que diz respeito aos tempos de paragem, o motivo correspondente ao maior tempo residia na “mudança de série” (45%), seguindo-se a “avaria da máquina” (24%) e a “falta de matéria-prima cortiça” (21%).

O motivo “mudança de série” não foi objeto de estudo, uma vez que já tinham sido realizados vários estudos por forma a reduzir esse tempo improdutivo. Assim sendo, conclui-se que este é um tempo necessário para que a produção ocorra. Quanto ao motivo “avaria da máquina”, as causas do mesmo não estavam englobadas no âmbito do trabalho aqui apresentado.

Desta forma, o objeto de estudo do trabalho apresentado residiu na diminuição do tempo improdutivo por “falta de matéria-prima cortiça”.

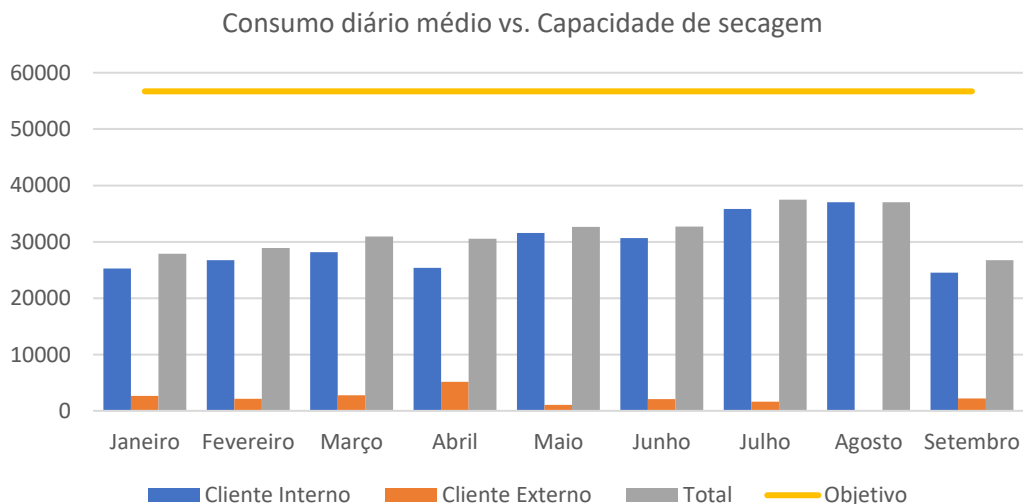
### 3.2.3. Análise do consumo de granulado

Por forma a perceber-se qual o consumo diário de granulado por parte das várias linhas de aglomeração em comparação com a capacidade de secagem, recorreu-se ao histórico do consumo mensal de granulado seco, quer pelo cliente interno, quer pelo cliente externo, desde janeiro de 2018 até setembro de 2018 tendo-se obtido os resultados apresentados na Tabela 1. De seguida, procedeu-se ao cálculo do consumo diário médio de granulado, considerando 22 dias de trabalho por mês, sendo, os resultados obtidos, apresentados, também, na Tabela 1.

**Tabela 1 - Consumo mensal e consumo diário médio de granulado**

Mês	Consumo Mensal (kg)			Consumo Diário Médio (kg)		
	Cliente Interno	Cliente Externo	Total	Cliente Interno	Cliente Externo	Total
<b>Janeiro</b>	555906	57819	613725	25268	2628	27897
<b>Fevereiro</b>	587949	47174	635123	26725	2144	28869
<b>Março</b>	619792	61189	680981	28172	2781	30954
<b>Abril</b>	558453	113740	672193	25384	5170	30554
<b>Maio</b>	694550	23553	718103	31570	1071	32641
<b>Junho</b>	674367	45306	719673	30653	2059	32712
<b>Julho</b>	788118	36036	824154	35824	1638	37462
<b>Agosto</b>	203585	160	203745	37016	28	37044
<b>Setembro</b>	539309	48372	587681	24514	2199	26713

Excluindo o mês de agosto, dado que a empresa esteve encerrada três semanas nesse mês, o menor consumo apresentado pelas linhas de aglomeração para o cliente interno, refere-se ao mês de setembro, com um consumo médio de 24514 kg/dia, e o maior consumo apresentado, para o mesmo cliente refere-se ao mês de julho, com um consumo médio de 35824 kg/dia. Relativamente ao consumo de granulado seco para satisfazer as encomendas do cliente externo, este é muito menor, uma vez que a maioria do granulado destinado ao cliente externo não necessita de secagem. Contudo, o maior consumo verifica-se no mês de abril com um consumo diário médio de 5170 kg e o menor consumo verifica-se em maio com um consumo diário de apenas 1071 kg. Dado que a capacidade de secagem diária é de 56700 kg, e analisando o consumo diário médio total, verifica-se que a capacidade da operação de secagem não está a ser utilizada na sua totalidade, como se pode ver na Figura 11.



**Figura 11 - Gráfico Consumo diário vs. Capacidade de secagem**

Note-se, porém, que o espaço de armazenamento do granulado após a operação de secagem é limitado. O granulado destinado ao consumo interno é armazenado em silos ou, esporadicamente, armazenado em *big bags*. No segundo caso, a capacidade produtiva das aglomerações diminui, uma vez que a alimentação da linha através de *big bags* é mais lenta quando comparada com a alimentação do granulado através de silos e requerendo, ainda, mais mão-de-obra.

#### 3.2.4. Gestão do granulado rececionado diariamente

Diariamente a empresa receciona várias toneladas de granulado. Porém, existe limitação de espaço para armazenar a totalidade desse material no interior da empresa, sendo necessário enviá-lo para o armazém externo. Desse modo, torna-se crucial haver uma gestão das mercadorias de forma a definir antecipadamente, todas as manhãs, quais as mercadorias que serão descarregadas na empresa e quais as que serão encaminhadas para o armazém externo, facilitando, assim, os descarregamentos, e os tempos de espera pela tomada de decisão. Esta é uma função diária de um supervisor da área de granulados, que contempla várias etapas e que se encontra modelada na Figura 12. Primeiramente, o supervisor visualiza o *stock* de cada silo e anota numa folha. De seguida, retorna ao seu gabinete e consulta um ficheiro *Microsoft Office Excel* no qual estão discriminadas as mercadorias que irão chegar ao longo da semana, o tipo de granulado e a quantidade correspondente. Posteriormente, o supervisor consulta um outro ficheiro em *Microsoft Office Excel* que contempla as necessidades de granulado do cliente interno. De seguida, visualiza o *stock* em silo, recorrendo à folha escrita manualmente, e avalia se existe *stock* suficiente para satisfazer as necessidades. Caso exista e caso tenha agendada alguma receção de mercadoria daquele tipo de granulado, envia-a para o armazém externo. Caso não exista, o supervisor terá de averiguar se tem a quantidade necessária na empresa para posterior secagem por forma a satisfazer as necessidades. Caso tenha a quantidade necessária e esteja agendada alguma receção de mercadoria, esta pode ser reencaminhada para o armazém externo. Caso não tenha a quantidade necessária e esteja agendada alguma receção de mercadoria, esta terá de ser descarregada na empresa. Outro cenário possível é quando não tem disponível a quantidade necessária nem em silo nem em *big bags* para posterior secagem e verifica que a mercadoria que vai receber não é suficiente para satisfazer as necessidades, ou até mesmo que não vai receber qualquer mercadoria daquele tipo de granulado. Nesta situação, o supervisor consulta um outro ficheiro em *Microsoft Office Excel*, partilhado com o armazém externo, o qual possui as quantidades em *stock* daquele tipo de granulado nesse armazém, e verifica se existe *stock* suficiente para satisfazer as necessidades diárias. Se existir, terá

de fazer uma transferência do armazém externo para a empresa. Caso não exista, haverá rutura de matéria-prima e o supervisor terá de avisar o quanto antes o planeamento, visto que estará em causa a paragem de alguma linha subsequente.

A confirmação do *stock* físico para posterior secagem presente na empresa é realizada percorrendo os armazéns nos quais o granulado é armazenado em *big bags*.

Após averiguar a situação de todos os tipos de granulado para cada uma das linhas de aglomeração, o supervisor envia um email com as decisões sobre o local de descarregamento das mercadorias.

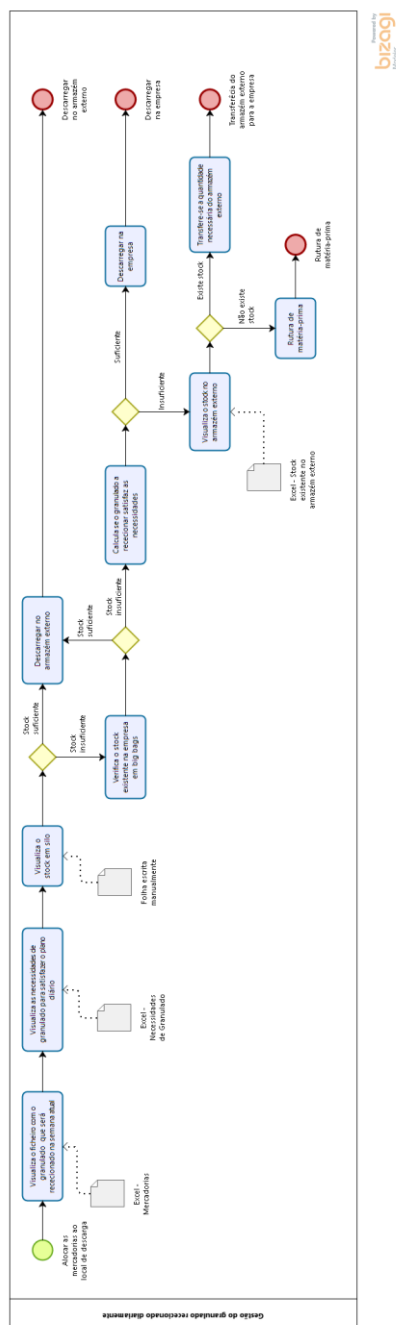


Figura 12 – Modelação da gestão diária de granulado rececionado diariamente

### 3.3. Proposta e implementação de soluções

No início deste projeto a área de granulados apenas tinha um supervisor para os três turnos, contudo a empresa encontrava-se em processo de recrutamento de um novo supervisor, de forma a que o turno da manhã tivesse um supervisor e o turno da tarde tivesse outro. Relativamente ao turno da noite, apenas continuaria com um *team leader* que seguiria as instruções dadas pelo supervisor da tarde na passagem de turno.

Analizando a descrição do processo de planeamento e sequenciamento da aglomeração, essencialmente a avaliação da disponibilidade de matéria-prima, comprova-se que esta depende muito da memória do supervisor da área de granulados. No entanto, a memória deste supervisor, como de qualquer ser humano, poderá falhar e resultar na falta de matéria-prima e, consequentemente, na paragem das linhas subsequentes.

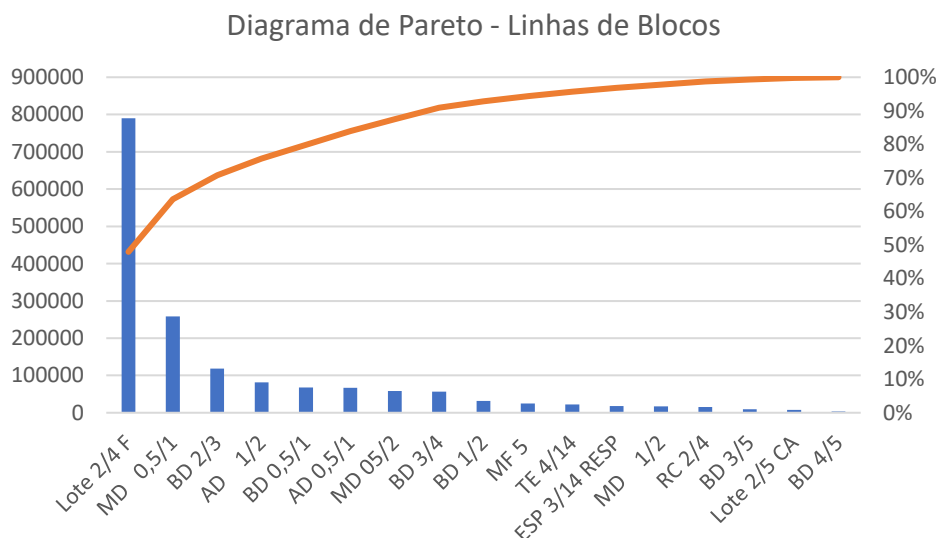
Dado que a participação nas reuniões diárias de planeamento e sequenciamento da aglomeração foi parte integrante do estágio, pôde verificar-se e, portanto, afirmar que o conhecimento sobre a área de granulados residia apenas num supervisor, sendo que o departamento de planeamento não tinha acesso à informação sobre qual o tipo de granulado que existia em cada silo e a respetiva quantidade, nem à quantidade de matéria-prima presente na empresa e no armazém externo. Além disso, era pertinente ter a informação sobre o material que chegaria nesse dia, como também no dia seguinte. Assim sendo, tornou-se fulcral criar uma ferramenta que agregasse as várias informações, tendo sido escolhido o *Microsoft Office Excel* como suporte informático desta, dado que já era utilizado na empresa e, portanto, conhecido de praticamente todos os intervenientes no processo.

Outra conclusão retirada da análise do estado inicial recai sobre o não aproveitamento da total capacidade de secagem disponível. No entanto, a causa “falta de matéria-prima cortiça” era responsável por cerca de 20% do tempo improdutivo total das várias linhas de aglomeração. Assim, e por forma a utilizar, na totalidade, a capacidade de secagem disponível e diminuir os tempos improdutivos provocados pela falta de granulado, uma das propostas de melhoria consiste na criação de um *buffer* entre a etapa de secagem e a da aglomeração. Com a implementação desta melhoria pretende-se assegurar um aumento no nível de serviço ao cliente e que o plano de secagem responda não só às necessidades diárias das várias linhas de aglomeração, mas também ao abastecimento do *buffer*.

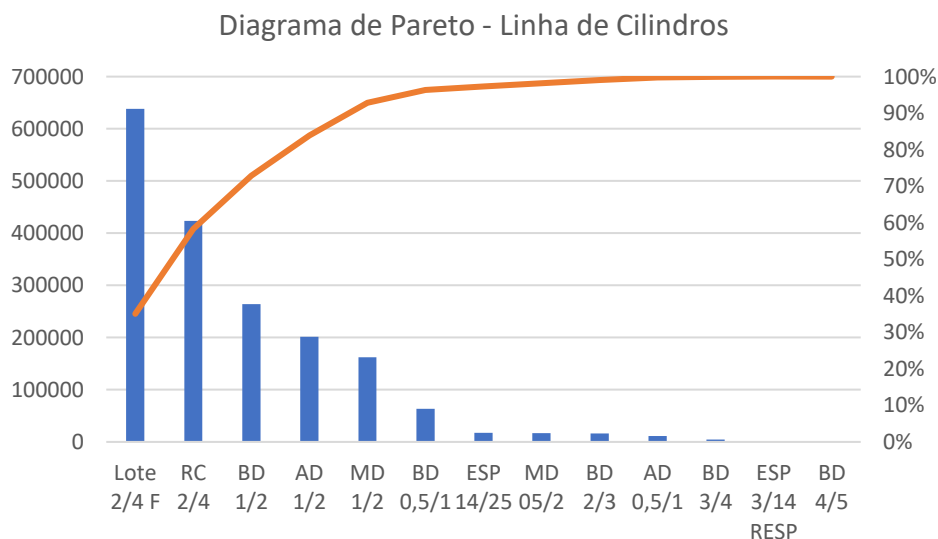
Porém, como mencionado anteriormente, a quantidade de silos existentes na empresa é limitada e, portanto, não é possível criar um *buffer* para todos os tipos de granulado. Desse modo, recorreu-se à análise de Pareto por forma a averiguar quais os tipos de granulado mais consumidos pelas

várias linhas de aglomeração, e que, portanto, teriam um silo permanente, para o qual iria ser criado um *buffer*, e quais os tipos de granulado, menos consumidos, que seriam alocados ao silo “*make-to-order*”, o qual seria apenas abastecido com a quantidade necessária.

Os referidos diagramas encontram-se representados nas Figuras 13 e 14.



**Figura 13 - Diagrama de Pareto - Linhas de blocos**



**Figura 14 - Diagrama de Pareto - Linha de cilindros**

As três linhas de aglomeração de blocos partilham os silos, tendo à sua disposição um total de nove silos. Apenas um deles é abastecido por uma das triturações, que tritura e seca o material no mesmo equipamento, e os restantes pelos três secadores disponíveis na empresa.

A linha de aglomeração de cilindros tem ao seu dispor sete silos, sendo seis deles abastecidos pelos secadores e o restante por uma das triturações, tal como o silo das restantes linhas. O material triturado e seco na trituração mencionada é RC 2/4, desse modo, este material tem obrigatoriamente dois silos associados, um para as linhas de blocos e outro para a linha de cilindros. Embora a empresa possua, ainda, mais quatro silos que são abastecidos por outra trituração, que tal como a anterior, tritura e seca o material no mesmo equipamento, esta trituração não se encontrava em funcionamento durante o projeto. No entanto, foi mencionada na ferramenta criada, por forma a ser incorporada facilmente no projeto, caso volte a ser utilizada.

Pela análise de Pareto, Figuras 13 e 14, os granulados considerados tipo A nas várias linhas de aglomeração de blocos são: Lote 2/4 F, MD 0,5/1, uma vez que estes são os tipos de granulados que apresentam um consumo maior. Portanto, estes tipos de granulado terão cada um deles associado um silo permanente o qual será reabastecido sempre que o seu *stock* for inferior a metade da quantidade total do silo, quantidade pré-estabelecida como *stock* mínimo. Porém, ainda havia disponíveis cinco silos, aos quais foram alocados os tipos de granulado considerados tipo B, sendo estes BD 2/3, AD 1/2, BD 0,5/1, AD 0,5/1 e MD 0,5/2.

Já os granulados considerados tipo A da linha de cilindros são: Lote 2/4 F, RC 2/4. Uma vez que o RC 2/4 tem obrigatoriamente um silo associado e, ainda, faltava alocar o tipo de granulado a quatro silos, analisou-se os granulados tipo B, sendo estes: BD 1/2 e AD 1/2, MD 1/2 e BD 0,5/1.

Esta alocação está resumida na Tabela 2 e será utilizada aquando da criação da ferramenta.

Com a criação do *buffer* poderão existir duas situações aquando da construção do plano diário de secagem: não existir nenhuma ordem de reabastecimento do *buffer* ou então uma ordem de reabastecimento do *buffer*. O primeiro caso acontece quando, quer a aglomeração consuma, ou não, o nível de *stock* do silo após consumo é superior ao *stock* mínimo. No segundo caso, existe uma ordem de reabastecimento, uma vez que o *stock* do silo é inferior ao *stock* mínimo.

Desta forma compreende-se que calcular a quantidade necessária a ser seca para cada tipo de granulado para o silo certo, torna-se complicado.

Outra operação diária de um supervisor da área de granulados era a tomada de decisão sobre o local de descarregamento das mercadorias que rececionam diariamente, sendo esta uma tarefa também exaustiva e demorada, uma vez que teria de consultar três ficheiros em *Excel* e, ainda, percorrer os armazéns, nos quais os *big bags* se encontram armazenados para, posteriormente, decidir qual o local de descarregamento tendo em conta as necessidades do cliente interno.

**Tabela 2 - Alocação do tipo de granulado a cada silo**

<b>Linha</b>	<b>Número dos silos</b>	<b>Tipo de Granulado</b>
<b>Blocos</b>	1	Lote 2/4 F
	2	MD 0,5/1
	3	BD 2/3
	4	AD 1/2
	5	BD 0,5/1
	6	AD 0,5/1
	7	MD 0,5/2
	8	<i>make-to-order</i>
	9	RC 1/4
<b>Cilindros</b>	1	Lote 2/4 F
	2	BD 1/2
	3	AD 1/2
	4	MD 1/2
	5	BD 0,5/1
	6	<i>make-to-order</i>
	7	RC 1/4

Assim sendo, a proposta de melhoria a implementar para reduzir os problemas referidos reside na construção de uma ferramenta de apoio à decisão que contemple as várias informações referidas anteriormente, bem como que calcule a quantidade diária necessária a ser seca para cada silo, de cada tipo de granulado, quer para satisfazer as necessidades diárias das várias linhas de aglomeração, quer para reabastecer o *buffer*.

Segue-se a apresentação de como foi construída esta ferramenta e, ainda, a construção de uma outra ferramenta de auxílio ao sequenciamento das encomendas de granulado do cliente externo.

### 3.3.1. Criação de uma ferramenta de apoio à decisão para a área de granulados

Tendo em conta os problemas descritos anteriormente e as propostas de melhoria apresentadas, segue-se nesta secção as várias etapas ultrapassadas e necessárias para o desenvolvimento da ferramenta criada em *Excel*, por forma a gerar um plano diário de secagem e auxiliar o supervisor na tomada de decisão do local de descarga das mercadorias que a empresa receciona diariamente. Para isso, começou-se por se especificar os requisitos da ferramenta e quais as funções que cada um dos intervenientes, planeador e supervisores, terão na ferramenta, recorrendo ao diagrama de *Use Cases* para sintetizar esta informação. Posteriormente, apresenta-se a descrição do processo



de construção da ferramenta e dos algoritmos, que geram o plano de secagem e o local de descarga das várias mercadorias rececionadas diariamente.

#### 3.3.1.1. Especificação dos requisitos

No processo de criação da ferramenta começou-se pelo levantamento dos requisitos, recorrendo à observação direta e a entrevistas informais ao supervisor da área de granulados e ao planeador da aglomeração. Para organizar as informações e perceber efetivamente quais os requisitos da ferramenta contruiu-se a Tabela 3, na qual se encontram os atores que interagem com esta ferramenta - o supervisor e o planeador - e as respetivas funcionalidades da ferramenta. Posteriormente, e tendo por base essa tabela, construiu-se o diagrama de *Use Cases*, apresentado na Figura 15.

**Tabela 3 - Atores e *Use Cases* da ferramenta de apoio à decisão**

Ator	Use Case
<b>Supervisor</b>	Visualiza as necessidades de granulado para a aglomeração
	Visualiza a quantidade que tem que produzir
	Visualiza o stock dos silos, da empresa e do armazém externo
	Visualiza as entregas do dia atual e do seguinte
	Efetua a correspondência entre o silo e o tipo de granulado
	Insere a capacidade produtiva de cada trituração
	Insere o número de turnos disponíveis em cada dia e para cada trituração
	Insere as produções diárias
	Insere as causas de incumprimento do plano
<b>Planeador</b>	Visualiza a taxa de cumprimento
	Visualiza o stock dos silos, da empresa e do armazém externo
	Visualiza as entregas do dia atual e do seguinte

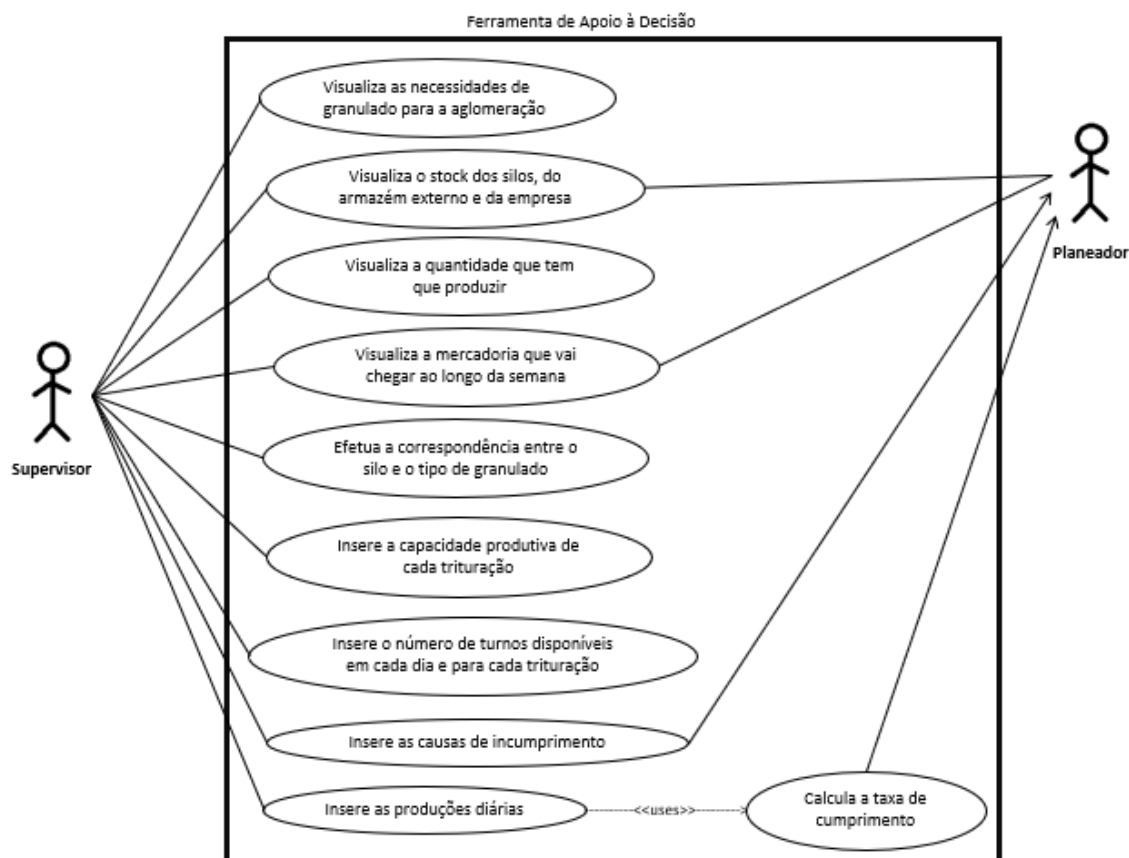


Figura 15 - Diagrama de Use Cases da ferramenta de apoio à decisão

### 3.3.1.2. Plano de secagem

O ficheiro em *Microsoft Office Excel* que auxilia o sequenciamento e o controlo da produção das várias linhas de aglomeração e que exporta as OF's a serem produzidas na semana corrente calcula, através do sequenciamento diário, a quantidade de granulado necessária para satisfazer o plano diário definido. A nova ferramenta irá importar não só as quantidades de granulado de cada uma das linhas de aglomeração, mas também a quantidade de granulado presente em cada silo.

A extração da quantidade em silo é guardada numa base de dados associando apenas a quantidade de granulado existente ao número do silo. No caso dos silos *make-to-order* o tipo de granulado presente em silo não é sempre o mesmo, e, portanto, tornou-se imperativo criar um campo a ser preenchido pelo supervisor, no qual é feita a correspondência do número de silo ao tipo de granulado presente no mesmo.

Através das necessidades das várias linhas de aglomeração e tendo em conta o *stock* atual dos silos, a ferramenta calcula, para cada tipo de granulado e para cada linha de aglomeração, a quantidade a produzir para satisfazer essas necessidades. Após esse cálculo e caso exista ainda capacidade de

secagem disponível, a ferramenta calcula a quantidade necessária para abastecer o *buffer*. A alocação de disponibilidade é feita atribuindo prioridade ao tipo de granulado A, depois B e, posteriormente, C, tendo por base a análise de Pareto realizada.

Com o objetivo de especificar mais detalhadamente esta informação, começaram por se descrever as várias situações que poderiam ocorrer e, posteriormente, contruiu-se um fluxograma por forma a auxiliar a implementação do algoritmo em *Microsoft Office Excel*.

Assim sendo, se a diferença entre o *stock* atual e a quantidade necessária de granulado no dia *k* for superior ao *stock* mínimo, ou seja, caso o consumo daquele tipo de granulado seja inferior ao *stock* atual presente em silo e, após o seu consumo, o silo permaneça com uma quantidade superior ao *stock* mínimo definido, significa que não é necessário secar aquele tipo de granulado naquele dia. Se o *stock* atual for inferior à quantidade necessária, então será necessário produzir para satisfazer o plano da aglomeração, sendo a quantidade a produzir igual à diferença entre a quantidade necessária e o *stock* atual.

Caso a diferença entre o *stock* atual e a quantidade necessária seja menor ou igual ao *stock* mínimo ou se o *stock* atual for maior do que a quantidade necessária, significa que não é necessário secar qualquer quantidade daquele tipo de granulado para satisfazer o plano de aglomeração, ou seja, as linhas de aglomeração têm a quantidade necessária em silo para cumprir o plano pré-definido, pelo que não haverá tempos improdutivos por “falta de matéria-prima cortiça”. Porém, o *stock* remanescente após o consumo por parte das aglomerações poderá ser inferior ao *stock* mínimo definido. Neste caso, a próxima etapa consiste em avaliar se existe capacidade suficiente para reabastecer o *buffer*. Esta avaliação só é feita após calcular a quantidade total necessária a ser seca, por forma a assegurar que o plano de aglomeração é satisfeito. Esta avaliação é feita através da comparação entre o somatório da produção necessária para satisfazer o plano de aglomeração, a produção do *buffer* e o *stock* máximo.

O algoritmo utilizado é especificado no fluxograma apresentado na Figura 16, onde:

**SA:** *Stock* atual

**P:** Quantidade necessária de granulado para satisfazer o plano das várias linhas de aglomeração no dia *k*

**SMin:** *Stock* mínimo definido para o tipo de granulado *j*

**SMax:** *Stock* máximo definido para o tipo de granulado *j*

**PP:** Produção necessária para satisfazer o plano da aglomeração

**PB:** Produção para abastecer o *buffer*

**C:** Capacidade de secagem

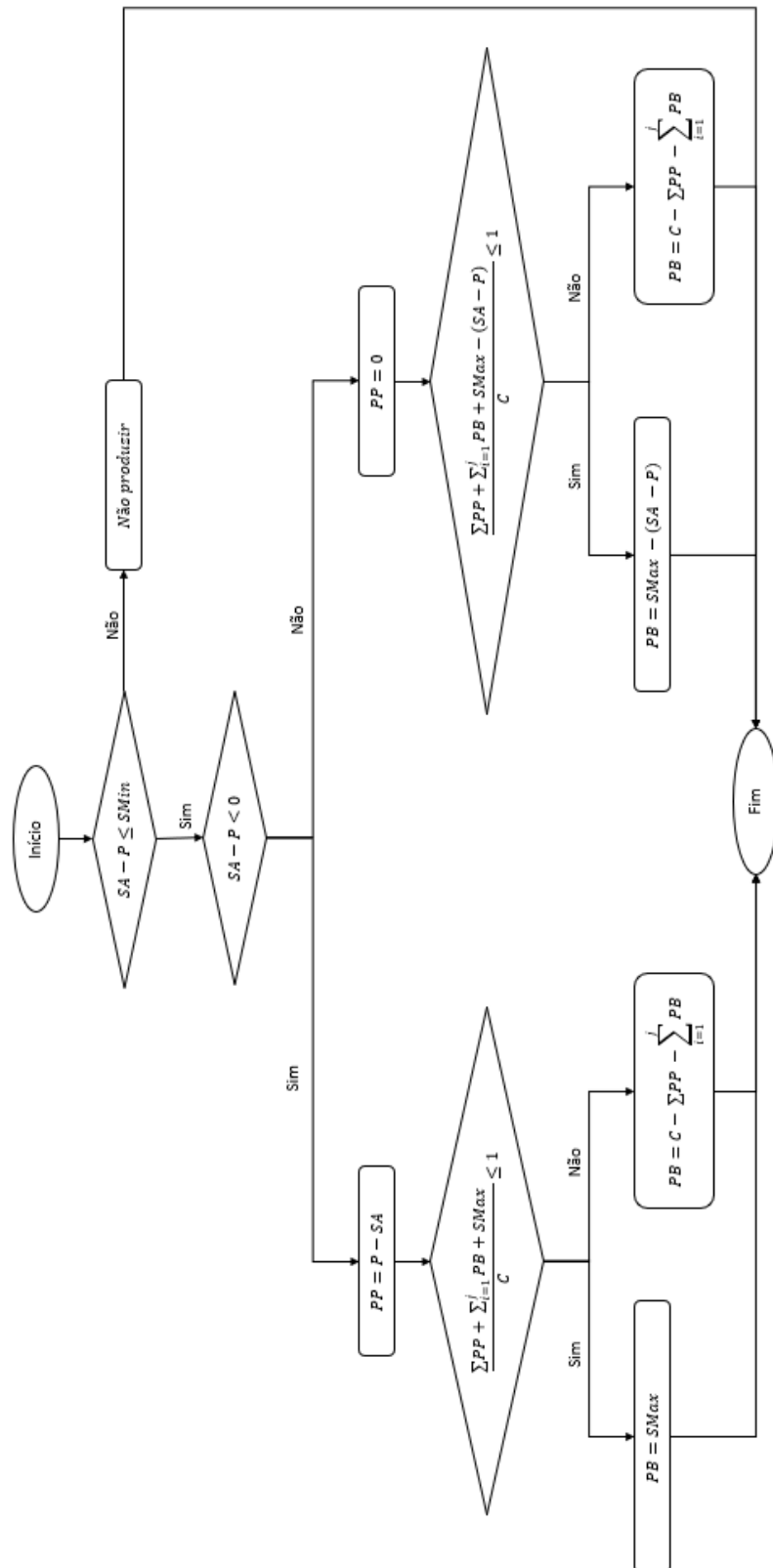


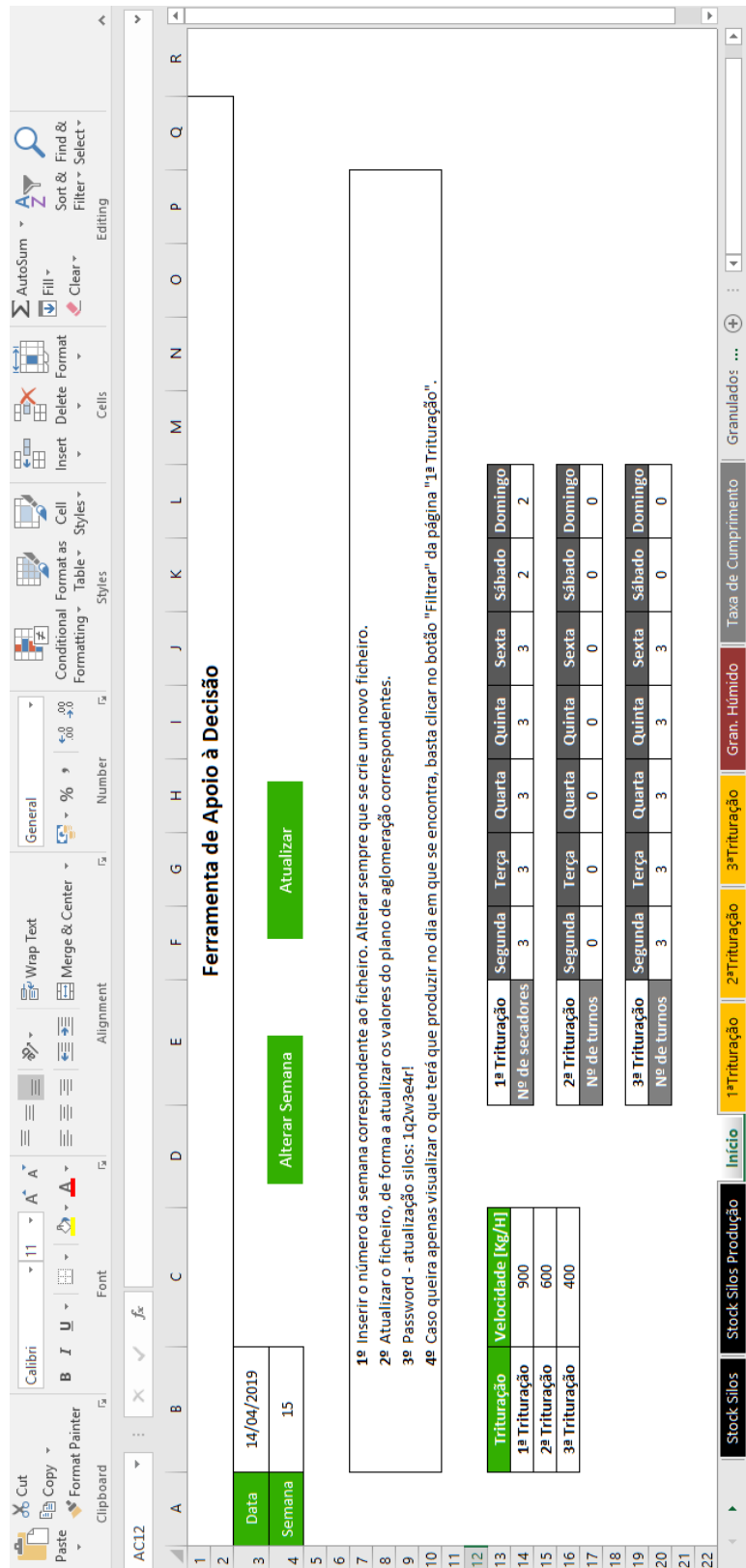
Figura 16 - Algoritmo desenvolvido para cálculo da quantidade a secar para cada tipo de granulado

Como se pode ver na Figura 17, a página inicial da ferramenta apresenta umas breves indicações sobre o seu funcionamento e a possibilidade de parametrizar o algoritmo com os dados referentes à velocidade de trituração, ao número de secadores disponíveis, no caso da 1ª trituração, que possui três secadores, e ao número de turnos disponíveis, no caso da 2ª e 3ª trituração. Dado que terá de ser criado um ficheiro com a informação para cada semana, existe um campo para o número da semana correspondente, bem como um botão, “Alterar Semana”, que altera automaticamente o caminho para o ficheiro de onde a informação relativa às necessidades diárias para satisfazer o plano de aglomeração dessa semana deverá ser extraída.

Para além desta página, existe uma outra que contempla o *stock* atual dos silos, adquirido através da importação dos dados de uma base de dados.

Cada trituração tem uma folha correspondente, na qual, em cada tipo de granulado e respetiva área, o supervisor da área de granulados coloca o número do silo correspondente e a sua capacidade e, de seguida, é calculado o *stock* mínimo e máximo, em quilogramas, tendo em conta o *stock* mínimo e máximo previamente definido, em unidades, como se pode ver na Figura 18.

Para cada dia da semana é apresentado o plano da aglomeração, a produção necessária para satisfazer o plano da aglomeração e a produção para abastecer o *buffer*.



**Figura 17 - Página inicial da ferramenta de apoio à decisão**



$$Taxa\ de\ Cumprimento = \frac{Produção\ Real}{Produção\ Planeada} * 100 \quad (1)$$

**Figura 19 - Página "Taxa de Cumprimento" da ferramenta de apoio à decisão**



### 3.3.1.3. Gestão diária do granulado rececionado

Outro problema diagnosticado foi a avaliação da disponibilidade de matéria-prima, ou seja, a falta de informação sobre a quantidade de matéria-prima presente na empresa e no armazém externo, mas também sobre as entregas previamente agendadas com o departamento de compras. Apesar de existirem dois ficheiros com a informação relativa às entregas agendadas, um que continha as entregas de vários fornecedores e outro que continha apenas um fornecedor, e fosse utilizado pelo supervisor, mas não pelo planeador, obrigava o supervisor a consultar mais do que um ficheiro. Assim sendo e por forma a decidir se a entrega que iria chegar no próprio dia seria descarregada na empresa ou no armazém externo, o supervisor tinha de consultar o ficheiro com o plano da aglomeração, os dois ficheiros correspondentes às entregas de matéria-prima e, ainda, a sua folha escrita manualmente com o *stock* existente em cada silo. Caso necessitasse da matéria-prima, esta seria descarregada na empresa. Caso contrário, seria descarregada no armazém externo, uma vez que o espaço de armazenamento na empresa é limitado.

Com o objetivo de implementar esta gestão de matéria-prima de uma forma mais automática, desenhou-se um fluxograma (Figura 20) que espelhasse as várias situações e decisões que devem ser tomadas em relação a esta matéria.

Para simplificar o fluxograma, utilizou-se a seguinte notação:

**NH:** Necessidades de hoje

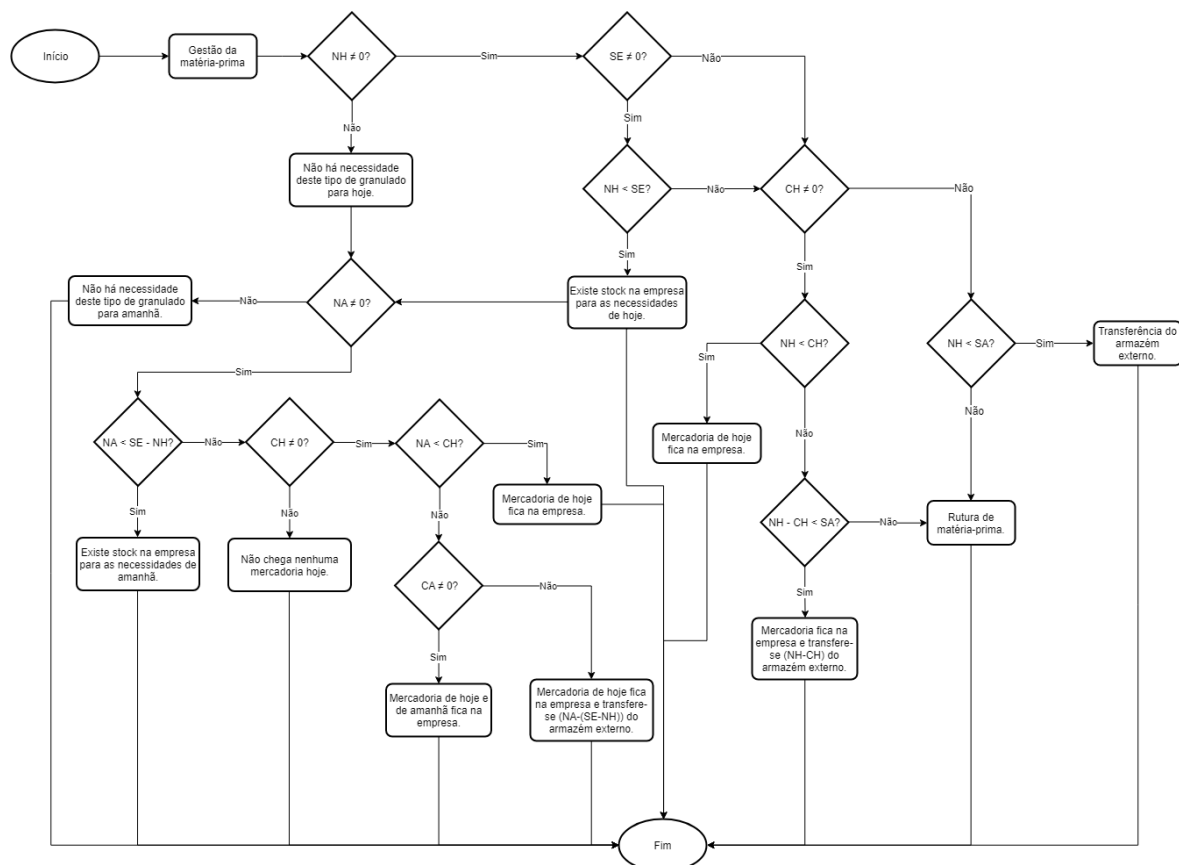
**NA:** Necessidades de amanhã

**SE:** Stock empresa

**SA:** Stock armazém externo

**CH:** Mercadoria que chega hoje

**CA:** Mercadoria que chega amanhã



**Figura 20 - Fluxograma de gestão de mercadorias**

Através do fluxograma, desenvolveu-se o algoritmo em *Visual Basic for Applications* (VBA), por forma a que o supervisor apenas tenha de clicar num botão para que as decisões sobre o local de descarga sejam tomadas. Para que o algoritmo funcione, necessita da informação sobre as necessidades do granulado, tipo e quantidade correspondente, quer para o dia  $k$ , quer para o dia  $k+1$ , uma vez que o tipo de granulado que chega no dia  $k$  pode não ser necessário nesse dia, mas pode ser necessário no dia  $k+1$  e evitar uma transferência do armazém externo no dia seguinte. Além disso, o algoritmo necessita da informação sobre o *stock* existente na empresa e no armazém externo. No entanto, o *stock* presente na empresa refere-se não só ao *stock* dos silos que armazenam o granulado após secagem, como ao *stock* dos silos da produção, uma vez que este granulado pode ser utilizado para posterior secagem ou, até mesmo, para satisfazer o cliente externo, e, ainda, ao *stock* em *big bags* presente na empresa. O *stock* dos silos após secagem é adquirido através da importação dos dados de uma base de dados. Porém, o *stock* dos silos da produção não está disponível em nenhuma base de dados e, portanto, o supervisor terá de inserir esses valores manualmente no ficheiro e, para isso, existe uma página, “Stock Silos Produção”. Relativamente ao *stock* em *big bags* este é exportado do ERP, uma vez que as entradas de

granulado, quer na empresa, quer no armazém externo são efetuadas, também, em sistema, para que os *stocks* estejam atualizados e para que não haja desvios de inventário após o consumo da matéria-prima.

Como se pode ver na Figura 21, após execução do algoritmo as decisões são apresentadas na última coluna.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	N	O
1				O que chega hoje	O que chega amanhã	Necessidades para hoje			Necessidades para amanhã		
2				10/04/2019	11/04/2019	Cumprir o plano	Abastecer o buffer	Húmido	Total	Total	
3	Tipo de Granulado	Empresa	Armazém Externo								Atualizar
4	Lote 2/4-F	-	-	8000	-	-	6710	-	6710	12440	HOJE
5	BD 1/2	14,480	21,033	-	-	-	7000	-	7000	-	A carga que chega hoje fica na empresa.
6	AD 1/2	73,786	-	8000	-	3200	6540	-	9740	-	Existe stock na empresa
7	MD 0,5/1	560	25,980	16000	20000	6235	7200	-	13435	-	Existe stock na empresa
8	BD 0,5/1	19,360	194,328	-	-	-	-	-	-	-	A carga que chega hoje fica na empresa.
9	MD 1/2	640	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	MD 0,5/2	-	213,975	6,000	-	15328	-	-	15328	-	Carga que chega hoje fica na empresa e transfere-se do Armazém Externo: 9328 kg
11	BD 2/3	7,500	23,880	-	-	-	4010	-	4010	-	Existe stock na empresa.
12	AD 0,5/1	160	454,706	-	-	-	-	-	-	2300	
13	BD 3/4	14,880	-	-	-	-	-	-	-	-	
14	AD 0,5/2	-	106,492	8,000	-	-	-	-	-	-	
15	BD 3/5	7,000	-	-	-	-	-	-	-	-	
16	BD 4/5	7,440	-	-	-	-	-	-	-	1200	
17	ADP 0,5/1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
18	ADF 0,5/1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Figura 21 - Página referente à gestão do granulado rececionado diariamente

### 3.3.2. Criação de um ficheiro de auxílio ao planeamento e controlo da produção das encomendas de granulado do cliente externo

No processo de planeamento de encomendas de granulado provenientes do cliente externo verificou-se que o sequenciamento das OFs é quase inexistente, uma vez que esta decisão reside no supervisor e não é transmitida previamente ao planeador, resultando em encomendas que não cumprem a data de entrega planeada. Para além disso, quer o supervisor quer o planeador possuem uma folha impressa com as encomendas da semana anterior, da atual e das seguintes, e vão anotando as que estão concluídas. Contudo, este método de recolha de informação é arcaico e gera algumas falhas no fluxo de informação, uma vez que cada um faz as anotações que acha relevantes, podendo ser diferentes em cada um dos documentos.

Assim, foi proposta a criação de um ficheiro *Microsoft Office Excel* que ajudasse a colmatar a falta de informação entre o planeamento e a área de granulados.

Com o objetivo de se perceber e sintetizar quais as funções que cada um dos intervenientes, planeador e supervisores, terão na ferramenta, começou-se por descrever os requisitos da

ferramenta e, de seguida, procedeu-se à construção do diagrama de *use cases* para sintetizar e esquematizar a informação.

### 3.3.2.1. Especificação dos requisitos

O planeador terá de exportar as OFs do ERP a serem produzidas na semana atual e as OFs em atraso, caso haja. Tendo em conta o número de horas disponíveis, 14 horas diárias, correspondente a dois turnos, e o tempo de produção requerido para produzir cada uma das OFs, o planeador, em conjunto com os supervisores, sequenciam as OFs diariamente.

Caso o tempo de produção requerido seja superior ao tempo disponível, haverá um sinal a alertar que o sequenciamento não irá ser cumprido e, dessa forma, terá de ser reajustado. Para além disso, o planeador necessita de perceber facilmente quais as OFs que estão em produção e as que estão concluídas.

Simultaneamente, o planeador terá de visualizar as prioridades, ou seja, caso haja alguma encomenda a expedir antes de sexta-feira da semana atual, esta terá de ser produzida com antecedência e não poderá ser sequenciada no último dia da semana.

O supervisor irá visualizar o sequenciamento definido para cada dia da semana e irá introduzir a produção diária, que será visualizada pelo planeador de forma a perceber se o sequenciamento foi cumprido, ou não, e prever, eventualmente, algum atraso na data de entrega planeada.

Na Tabela 4 encontram-se as várias funcionalidades que os dois atores, planeador e supervisor, necessitam que esta ferramenta tenha e na Figura 22 encontra-se o diagrama de *use cases*.

**Tabela 4 - Atores e *Use Cases* da ferramenta de sequenciamento**

Ator	Use Case
<b>Planeador</b>	Exporta as OFs a serem produzidas na semana atual.
	Exporta as OFs em atraso.
	Sequencia as OFs.
	Visualiza as horas necessárias para executar as OFs sequenciadas.
	Visualiza as prioridades.
	Visualiza a produção diária.
<b>Supervisor</b>	Visualiza o sequenciamento das OFs.
	Introduz a produção diária.

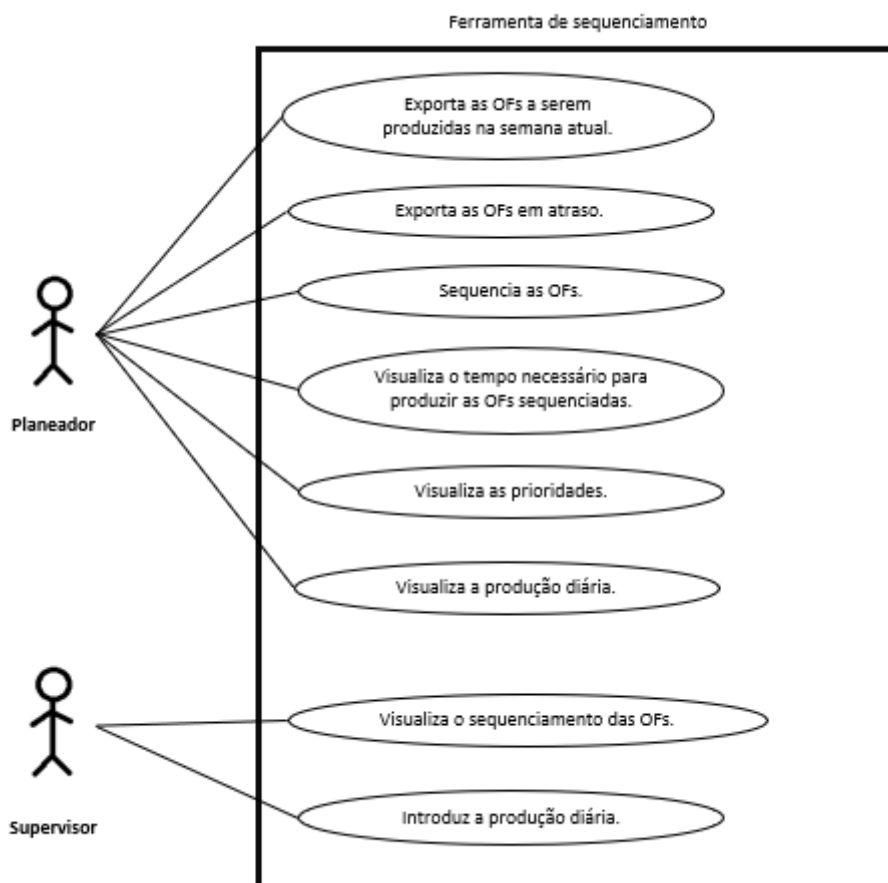


Figura 22 - Diagrama de Use Cases da ferramenta de sequenciamento

### 3.3.2.2. Construção da ferramenta

Após a especificação dos requisitos, passou-se à construção da ferramenta. Assim, começou-se por utilizar uma base de dados que extrai do ERP as OFs existentes no sistema. De seguida, filtrou-se por centro de custo, de forma a criar uma página para cada tipo de operação: ensacamento, em sacos e em *big bags*, e enfardamento. Cada linha corresponde a uma OF, e em cada linha é visível a referência do granulado, a quantidade, em quilogramas, desse granulado, o número de sacos, *big bags* ou fardos, o número de paletes e a quantidade produzida.

Relativamente ao tempo disponível para cumprir com o sequenciamento realizado pelo planeador, estas situam-se acima do dia da semana, e caso sejam superiores ao tempo disponível, aparecerá a célula a vermelho, caso contrário aparecerá a verde, como se pode ver na Figura 23. Assim, com este alerta, o planeador reajustará de imediato o sequenciamento, de forma a evitar um sequenciamento inadequado, resultando num não cumprimento do plano.

De forma a que o planeador perceba facilmente quais as OFs que estão em produção e as que já estão concluídas, a linha correspondente à OF aparecerá a amarelo ou a verde, respetivamente.

a perceber se a encomenda pode ser expedida ou não.

## PLANO PRODUÇÃO SEMANAL

**externo**

### 3.4. Análise dos resultados

#### 3.4.1. Análise estatística do impacto das melhorias no tempo improdutivo

Com o objetivo de se perceber o impacto que as melhorias propostas tiveram no tempo improdutivo por “falta de matéria-prima cortiça” realizou-se uma análise estatística utilizando o software *IBM SPSS Statistic 24*, comparando o tempo improdutivo antes e após as propostas serem implementadas.

Note-se que os valores relativos aos tempos recolhidos antes e depois da implementação são apresentados em horas e refletem o tempo improdutivo por semana. A dimensão das amostras do cenário anterior e posterior é de 51 e 19, respetivamente. A dimensão da amostra relativa ao cenário posterior refere-se ao período, em semanas, no qual houve oportunidade de recolher informação sobre o tempo improdutivo por falta de matéria-prima de cortiça. Os valores correspondentes às duas amostras foram extraídos do ERP, através das declarações de produção diária.

Inicialmente, realizou-se uma análise visual dos dados, na qual se identificou a existência de valores muito diferentes uns dos outros. Por forma a perceber-se melhor a dispersão dos valores foi feito um *boxplot* correspondente à amostra relativa ao cenário anterior, representado na Figura 24, no qual se verifica claramente quatro *outliers*. Verifica-se, também, que a distribuição dos tempos é assimétrica à direita.

Os *outliers* são valores de uma amostra que se diferenciam dos restantes e referem-se, normalmente, a anomalias nos resultados obtidos. Portanto, a sua eliminação numa análise estatística é importante, uma vez que estes podem enviesar negativamente todo o seu resultado.

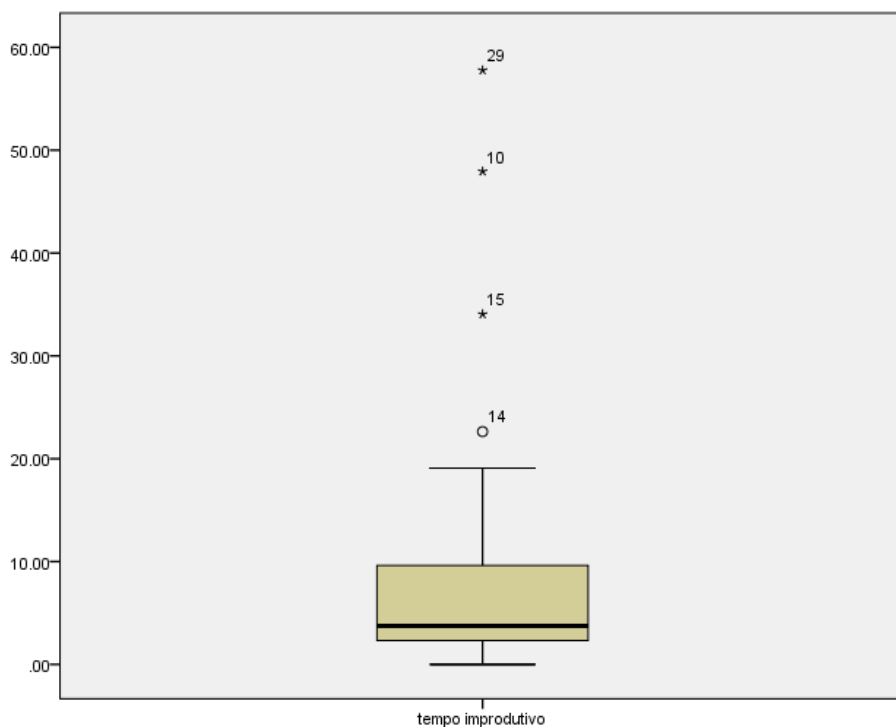
O software *IBM SPSS Statistic 24*, identifica, através do gráfico *boxplot*, dois tipos de *outliers*:

- valores “out”: identificados por um pequeno círculo;
- valores “extremos”: identificados por uma estrela.

Segundo este software, os *outliers* correspondem aos valores superiores a  $1,5 \times \text{IQR}$ , no qual IQR é o valor corresponde ao intervalo interquartil, que é a diferença entre o terceiro e o primeiro quartil ( $\text{IQR} = Q3 - Q1$ ). Recorrendo ao *output* adquirido através do software, o IQR correspondente aos dados relativos ao cenário anterior é 7,2917, sendo Q1 igual a 2,3250 e Q3 igual a 9,6167. Embora seja possível apenas eliminar os valores “extremos”, através da expressão  $2 \times 1,5 \times \text{IQR}$ , na maioria das análises estatísticas realizadas são eliminados os dois tipos de *outliers*.

Neste caso, um aumento do tempo improdutivo por falta de matéria-prima poderá ser provocado por uma avaria nos secadores. Essa avaria afetará a disponibilidade de secagem e, posteriormente,

o nível de serviço prestado às aglomerações, não respondendo às suas necessidades. Deste modo, procedeu-se à eliminação dos *outliers* e refez-se a análise, uma vez que os mesmos não exprimem o dia-a-dia da organização.

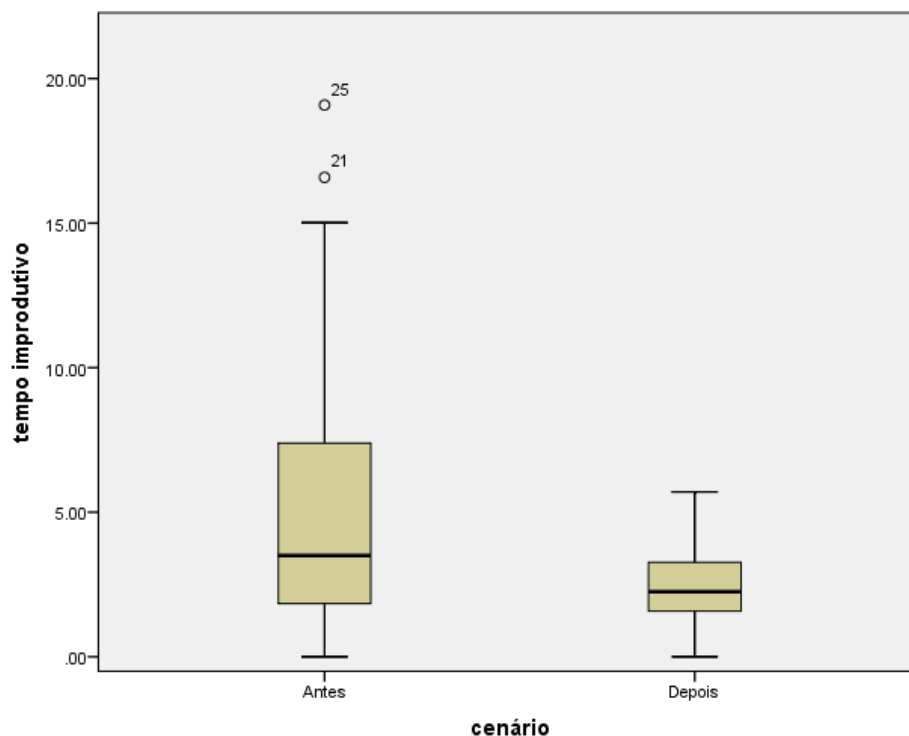


**Figura 24 - Boxplot do cenário anterior às implementações com outliers**

Eliminando os *outliers* da amostra relativa ao cenário anterior no qual se pretende apenas analisar os valores que sejam superiores a -8,59 e inferiores a 20,56, usando as expressões que já foram mencionadas. Assim, foram identificados e eliminados quatro *outliers*, diminuindo a dimensão da amostra relativa ao cenário anterior para 47 valores, tendo-se obtido o *boxplot* apresentado na Figura 25. Embora, a média da amostra do cenário anterior tenha diminuído 2,78h, o software ainda identifica dois *outliers*.

Na Figura 25 é também apresentado o *boxplot* referente à amostra do cenário após implementação das melhorias, na qual se verifica que esta não possui *outliers*. Pode observar-se, também, que a mediana diminuiu, tal como a dispersão dos valores.





**Figura 25 - Boxplot do cenário antes sem outliers vs. cenário depois**

Através das estatísticas descritivas das várias amostras, apresentadas na Tabela 5, conclui-se que a média do cenário após implementação de melhorias é inferior à média da amostra sem os *outliers*. Ou seja, apesar dos *outliers* terem sido eliminados, o cenário anterior à implementação das melhorias continua a possuir uma média de tempo improdutivo por falta de matéria-prima cortiça superior à média do tempo improdutivo obtida após implementação das melhorias. Além disso, o desvio padrão da amostra posterior às melhorias é muito menor comparativamente ao desvio da amostra anterior às melhorias, ou seja, a variabilidade dos tempos improdutivos por falta de matéria-prima de cortiça diminuiu.

**Tabela 5 - Resultados estatísticos das amostras do cenário anterior vs posterior às melhorias**

Cenário	Dimensão da amostra	Média	Desvio padrão
Antes com outliers	51	7,9458	11,3208
Antes sem outliers	47	5,1670	4,8178
Depois	19	2,5368	1,3753

Por forma a testar-se a normalidade das amostras foram utilizados dois testes: o teste de Kolmogorov-Smirnov e o teste de Shapiro-Wilk. O teste Kolmogorov-Smirnov é utilizado para amostras com dimensão igual ou superior a 30 observações, ao invés o teste de Shapiro-Wilk deve ser utilizado para amostras com dimensão inferior a 30 observações. Assim sendo, o teste de Kolmogorov-Smirnov foi utilizado para testar a normalidade da amostra relativa ao cenário anterior e o teste de Shapiro-Wilk utilizado para testar a normalidade da amostra relativa ao cenário posterior. Salienta-se que ambos os testes foram realizados com um nível de significância de 5%. O resultado dos dois testes é apresentado na Tabela 6, através do qual se pode concluir que a amostra do cenário anterior não segue uma distribuição normal, uma vez que a hipótese nula é rejeitada. Contrariamente, pode-se considerar que a amostra do cenário posterior segue uma aproximadamente distribuição normal, uma vez que a hipótese nula não é rejeitada.

**Tabela 6 - Teste à normalidade: cenário antes vs. depois**

<b>Cenário</b>	<b>Kolmogorov-Smirnov</b>			<b>Shapiro-Wilk</b>		
	Estatística de teste	df	Sig	Estatística de teste	df	Sig
Antes sem <i>outliers</i>	0,226	47	0.000	--	--	--
Depois	--	--	--	0,958	19	0,532

Embora a distribuição dos tempos na amostra relativa ao estado anterior não apresente uma distribuição normal, a sua dimensão pode ser considerada grande, pelo que se poderá utilizar o Teorema do Limite Central e realizar o teste *t* de Student.

Previamente à avaliação dos resultados do teste *t*, avaliou-se os resultados do teste de Levene, que nos permite averiguar a homogeneidade das variâncias. A hipótese nula do teste de Levene afirma que as variâncias são iguais. Neste caso, a hipótese nula é rejeitada e conclui-se que as variâncias são diferentes nos dois cenários, uma vez que a significância associada ao teste (sig=0,000) é inferior a 0,05. Desta forma, não se assume a homogeneidade das variâncias e opta-se por utilizar os valores do teste *t* referentes ao cenário no qual é assumida a desigualdade de variâncias.

**Tabela 7 – Resultados dos Testes de Levene e t-Student**

	<b>Teste de Levene</b>		<b>t-Student</b>		
	F	Sig.	t	<i>p-value</i>	<i>Diferença de médias</i>
<i>Equal variances not assumed</i>	15,951	0.000	3,416	0,001	2,63018

O teste *t* de *Student* permite avaliar a igualdade de médias dos dois cenários, sendo que a hipótese nula afirma que a média dos dois cenários é igual ( $H_0: \mu_{\text{antes}} = \mu_{\text{depois}}$ ) e a hipótese alternativa afirma que a média dos dois cenários é diferente ( $H_1: \mu_{\text{antes}} \neq \mu_{\text{depois}}$ ). Analisando os resultados obtidos no teste *t*, apresentados na Tabela 7, conclui-se que as médias não são iguais, uma vez que a hipótese nula foi rejeitada. Conclui-se, também, que a média das amostras diminuiu 2,63 horas, o que significa que a média do tempo improdutivo por falta de matéria-prima de cortiça diminuiu aproximadamente 50%. Assim, e analisando as médias associadas aos registos dos dois cenários, conclui-se que houve claramente um decréscimo no tempo improdutivo provocado pela falta de matéria-prima cortiça.

### 3.4.2. Gestão do granulado rececionado diariamente

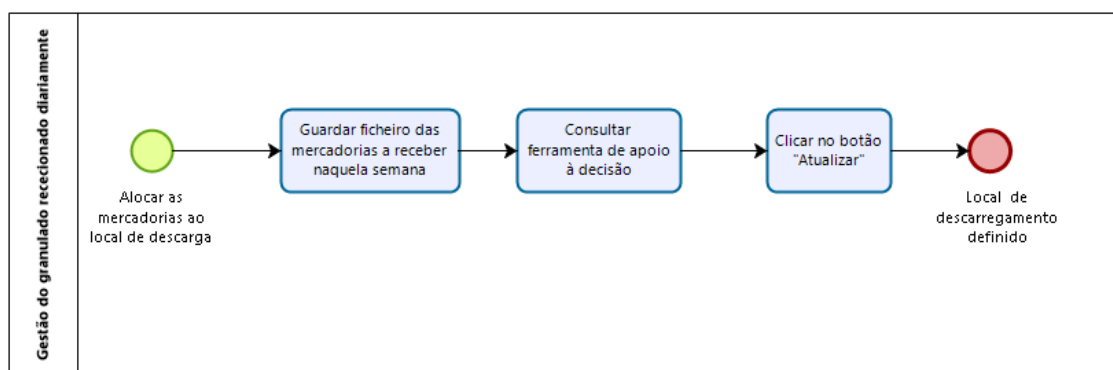
Como mencionado anteriormente, entre setembro de 2018 e janeiro de 2019 apenas havia um supervisor responsável pela área dos granulados. No entanto, esta era uma situação temporária. A adaptação do novo supervisor foi muito mais fácil devido à ferramenta de apoio à decisão desenvolvida.

Relativamente à gestão dos granulados que chega diariamente à empresa, esta foi simplificada, uma vez que anteriormente à existência desta ferramenta o supervisor teria que:

- Consultar o ficheiro no qual o sequenciamento da aglomeração é realizado e perceber quais os consumos de granulado previstos para aquele dia;
- Consultar o ficheiro no qual se encontrava o granulado e a quantidade respetiva que iria chegar ao longo da semana;
- Consultar um ficheiro no qual se encontrava o granulado existente no armazém externo;
- Perceber o que existia na empresa quer em silos, ou seja, granulado após sofrer secagem, quer em *big bags*, granulado disponível para sofrer a secagem.

Só após consultar todos estes ficheiros e, por vezes, visitar alguns dos sítios em que a matéria-prima é armazenada dentro da empresa é que o supervisor estaria em condições de direccionar as várias cargas que chegariam naquele dia e, ainda, caso necessário, agendar ordem de carregamento do armazém externo para a empresa.

A função diária de gestão das mercadorias que a empresa receciona, também diariamente, foi simplificada com a criação do algoritmo de apoio à decisão. Como se pode ver na Figura 26 o número de operações necessárias para gerir as mercadorias diárias diminuiu.



**Figura 26 – Mapeamento da gestão do granulado rececionado diariamente após melhorias**

Além de ter sido simplificada, o tempo necessário para decidir qual o local de descarga das mercadorias diminuiu. Anteriormente à implementação do algoritmo, o supervisor demorava, em média, 10 a 15 minutos para alocar o local a cada mercadoria. Após implementação das melhorias, demora, em média, 2 minutos a tomar a decisão, 1 minuto a preencher a quantidade presente em cada silo da produção e 50 segundos a executar o algoritmo.

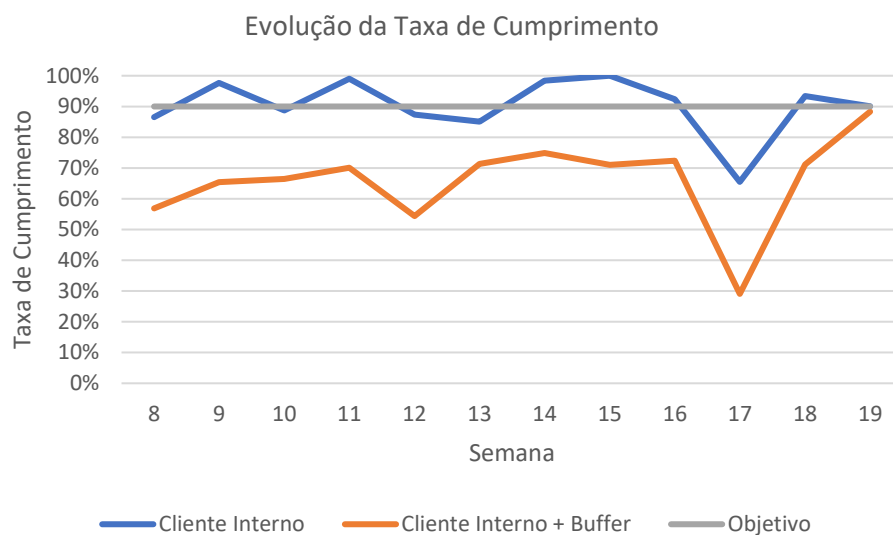
### 3.4.3. Taxa de Cumprimento

Como anteriormente referido, com a criação da ferramenta e com o *buffer*, começou-se a medir a taxa de cumprimento do plano gerado pela ferramenta, quer relativamente ao cliente interno, quer relativamente ao reabastecimento do *buffer*.

Como se pode verificar na Figura 27, o objetivo definido pela empresa era ter um cumprimento do plano de 90%, quer a taxa de cumprimento ao cliente interno, quer a taxa de cumprimento ao conjunto (cliente interno e reabastecimento do *buffer*).

A taxa de cumprimento do plano relativo à entrega de granulado ao cliente interno esteve maioritariamente acima do objetivo, tendo-se atingido em algumas semanas uma taxa de cumprimento igual a 100%, daí pode-se concluir que o tempo improdutivo por falta de matéria-prima cortiça diminuiu. No entanto, na semana 12 e na semana 17 teve um decréscimo muito acentuado, quer no fornecimento de granulado ao cliente interno, quer no reabastecimento do *buffer*, tendo sido causada pela falta de pó na caldeira, o que motivou o envio de granulado para a mesma, prejudicando o cumprimento dos planos.

Contrariamente, a taxa de cumprimento do plano relativa à taxa de cumprimento do conjunto, fornecer a quantidade necessária ao cliente interno e o reabastecimento do *buffer*, apenas atingiu o objetivo na semana 19. Porém, a sua evolução foi positiva, retirando os casos mencionados anteriormente.



**Figura 27 - Evolução da Taxa de Cumprimento**

## 4. Conclusões e Perspetivas de Desenvolvimento Futuro

O projeto aqui apresentado focou-se essencialmente no nível de serviço prestado ao cliente interno por parte da área de granulados às várias linhas de aglomeração.

Inicialmente, procedeu-se à modelação dos vários processos relevantes e com impacto no processo de abastecimento de granulado à etapa de aglomeração. A modelação dos processos permitiu identificar as várias tarefas que um dado processo contempla, mas também identificar pontos de melhoria para que esses mesmos processos fossem simplificados e o tempo despendido nas várias tarefas fosse reduzido. Posteriormente, analisou-se a capacidade de secagem comparativamente com o consumo diário das várias linhas de aglomeração, concluindo-se que a capacidade de secagem não estava a ser utilizada na sua totalidade. Para isso e uma vez que a empresa opera numa lógica *pull*, foi proposta a criação de um *buffer*, por forma a minimizar os tempos improdutivos por falta de matéria-prima cortiça e a reduzir os impactos que uma avaria nos secadores poderá ter nas etapas a jusante. Desta forma, desenvolveu-se um algoritmo cujo resultado são as quantidades necessárias a serem secas por forma a satisfazer as necessidades e a reabastecer o *buffer*. Com base no referido algoritmo foi criada uma ferramenta em Excel, que apresenta um plano de secagem diário.

Com estas melhorias conseguiu-se diminuir o tempo improdutivo por falta de matéria-prima cortiça das várias linhas de aglomeração em mais de 50%.

Outra função extremamente importante no dia-a-dia de um supervisor é a alocação das mercadorias que receciona diariamente, visto que caso a mercadoria descarregue no sítio errado, esta terá de sofrer um novo carregamento e descarregamento, o que implicará custos de movimentação, mão-de-obra e, no pior dos casos, custos de paralisação das linhas subsequentes. Contudo, esta era uma função morosa e sujeita a erros, pelo que se desenvolveu um algoritmo para a tomada de decisão sobre o local onde a descarga é feita, que também foi implementado em Excel, e que permitiu diminuir drasticamente o tempo despendido nesta função e a alocação errada do local de descarga.

Porém, e uma vez que um dos princípios da empresa é que cada colaborador observe e seja crítico, por forma a melhorar o desempenho, detetou-se a necessidade de melhorar o fluxo de informação entre a área de granulados e o planeamento, relativamente às encomendas de granulado colocadas pelo cliente externo. Assim, foi também criada uma ferramenta de auxílio ao sequenciamento dessas encomendas, por forma a evitar erros na passagem de informação e a que a informação sobre o estado das encomendas fosse partilhada e mais atualizada.

Através do testemunho quer do supervisor que já estava na empresa, quer do supervisor contratado recentemente, foi possível concluir que esta ferramenta veio simplificar o seu trabalho e que foi, sem dúvida, uma ajuda muito grande.

Em suma, o projeto atingiu os objetivos definidos inicialmente pela empresa.

Como trabalho futuro, e tendo em conta a relevância atual do conceito de Indústria 4.0, sugere-se que a empresa estude e implemente melhorias nos seus fluxos de informação, tendo como objetivo possuir a informação, em tempo real, do que está a ser produzido na fábrica, bem como da quantidade em *stock* por forma a possibilitar tomadas de decisão mais informadas e mais rápidas.

## Referências

- Amaro, G., Hendry, L., & Kingsman, B. (1999). Competitive advantage, customisation and a new taxonomy for non make-to-stock companies. *International Journal of Operations & Production Management*, 19(4), 349–371. <https://doi.org/10.1108/09574090910954864>
- Arunagiri, P., & Gnanavelbabu, A. (2014). Identification of high impact lean production tools in automobile industries using weighted average method. *Procedia Engineering*, 97, 2072–2080. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.450>
- Bonney, M. C., Zhang, Z., Head, M. A., Tien, C. C., & Barson, R. J. (1999). Are push and pull systems really so different? *International Journal of Production Economics*, 59(1), 53–64. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(98\)00094-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00094-2)
- Brocke, J., Schmiedel, T., Recker, J., Trkman, P., Mertens, W., & Viaene, S. (2010). Ten principles of good business process management. *Management Decision*, 48(10), 1568–1595. <https://doi.org/https://doi.org/10.1108/BPMJ-06-2013-0074> Downloaded
- Chinosi, M., & Trombetta, A. (2012). BPMN: An introduction to the standard. *Computer Standards and Interfaces*, 34(1), 124–134. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2011.06.002>
- Cooper, M. C., M.Lambert, D., & Pagh, J. D. (1997). Supply Chain Management: More than a new name for logistics. *The International Journal of Logistics Management*, 8(1), 1–14. <https://doi.org/10.1108/09574090910954864>
- Dumas, M., Rosa, M. La, Mendling, J., & Reijers, H. A. (2013). *Fundamentals of Business Process Management*. Springer-VERLAG BERLIN AND HEIDELBERG GMBH & CO. KG. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-33143-5>
- Gaury, E. G. A., Kleijnen, J. P. C., & Pierreval, H. (2017). A methodology to customize pull control systems. *Journal of the Operational Research Society*, 52(7), 789–799. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601153>
- Huang, M., Wang, D., & Ip, W. H. (1998). Simulation study of CONWIP for a cold rolling plant. *International Journal of Production Economics*, 54, 257–266.
- Martin, C. (2011). *Logistics & Supply Chain Management. Communications of the ACM* (4th ed, Vol. 48). FT Prentice Hall. <https://doi.org/10.1007/s12146-007-0019-8>
- Olhager, J. (2003). Strategic positioning of the order penetration point. *International Journal of Production Economics*, 85(3), 319–329. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(03\)00119-1](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(03)00119-1)
- Puchkova, A., Le Romancer, J., & McFarlane, D. (2016). Balancing push and pull strategies within the production system. *IFAC-PapersOnLine*, 49(2), 66–71.



- <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.03.012>
- Qi, Y., Huo, B., Wang, Z., & Yeung, H. Y. J. (2017). The impact of operations and supply chain strategies on integration and performance. *International Journal of Production Economics*, 185(December 2016), 162–174. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.12.028>
- Rahman, N. A. A., Sharif, S. M., & Esa, M. M. (2013). Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation. *Procedia Economics and Finance*, 7(Icebr), 174–180. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(13\)00232-3](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(13)00232-3)
- Singh, M., Khan, I. A., & Grover, S. (2012). Tools and Techniques for Quality Management in Manufacturing Industries (pp. 853–859).
- Stevenson, M., Hendry, L. C., & Kingsman, B. G. (2005). A review of production planning and control: The applicability of key concepts to the make-to-order industry. *International Journal of Production Research*, 43(5), 869–898. <https://doi.org/10.1080/0020754042000298520>
- Thürer, M., Stevenson, M., Silva, C., & Qu, T. (2017). Drum-buffer-rope and workload control in High-variety flow and job shops with bottlenecks: An assessment by simulation. *International Journal of Production Economics*, 188(January 2016), 116–127. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.03.025>
- Wahab, A. N. A., Mukhtar, M., & Sulaiman, R. (2013). A Conceptual Model of Lean Manufacturing Dimensions. *Procedia Technology*, 11(Iceei), 1292–1298. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.12.327>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation* (Revised). Free Press.
- Wong, Y. C., & Wong, K. Y. (2011). A Lean Manufacturing Framework for the Malaysian Electrical and Electronics Industry. *Proceedings of the 3rd International Conference on Information and Financial Engineering*, 12, 30–34. Retrieved from <http://www.ipedr.com/vol12/6-C006.pdf>